

**APROXIMACIÓN A LA VALORACIÓN ECONÓMICA DEL IMPACTO AMBIENTAL DE DOS  
MODELOS DE CULTIVO DE ARROZ EN LA VEREDA LA BERTHA, MUNICIPIO DE JAMUNDÍ,  
VALLE DEL CAUCA.**

**ALFONSO LENIS LIBREROS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS  
NATURALES**

**CALI 2009**

**APROXIMACIÓN A LA VALORACIÓN ECONÓMICA DEL IMPACTO AMBIENTAL DE DOS  
MODELOS DE CULTIVO DE ARROZ EN LA VEREDA LA BERTHA, MUNICIPIO DE JAMUNDÍ,  
VALLE DEL CAUCA.**

**ALFONSO LENIS LIBREROS**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ADMINISTRADOR DEL MEDIO  
AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES**

**DIRECTORES**

**JOSE MILLER GALLEG0**  
Ingeniero Agrónomo

**HAROLD HERNANDEZ BORRAS**  
Ingeniero Agrícola

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS  
NATURALES**

**CALI 2009**

## **NOTA DE ACEPTACIÓN**

**Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al Título de Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales**

**CARLOS IGNACIO CHÁVEZ IBILLUS** .

**JURADO**

**JOSÉ MILLER GALLEGÓ** .

**DIRECTOR**

**Santiago de Cali, 10 de Agosto de 2009**

Dedico este esfuerzo mi madre Lucila Libreros y a mi hermana Laura Lenis que con su tenacidad han hecho posible que mis metas se cumplan.



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente Aníbal Patiño por su inmensa colaboración, y en general a todas las personas que de una u otra manera aportaron su conocimiento para que este trabajo se haya podido llevar a cabo.

## CONTENIDO

	Pág
RESUMEN	19
1. INTRODUCCIÓN	20
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	23
3. JUSTIFICACIÓN	27
4. OBJETIVOS	30
4.1. OBJETIVO GENERAL	30
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
5. MARCO TEÓRICO	31
5.1. EXTERNALIDADES EN LA PRODUCCIÓN	32
5.2. BIENES LIBRES	35
5.2.1. Recursos comunes o cuasi-libres	36
5.3. VALORES DE LOS RECURSOS NATURALES	37
5.3.1. Los valores de uso	37
5.3.2. Los valores de no uso	38
5.4. TEOREMA DE COASE	40
5.5. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL MEDIO AMBIENTE	41
5.5.1. Función de la demanda	42
5.5.2. Disponibilidad total a pagar	45
5.5.3. Disponibilidad marginal a pagar	45
5.5.4. Excedente del consumidor	46
5.5.5. Demanda marshalliana	46
5.5.6. Demanda hicksiana	47
5.5.7. Economía del bienestar	47
5.5.8. Criterio Kaldor-Hicks	49
5.5.9. La variación compensatoria ( $V_c$ ) y la variación equivalente ( $V_e$ )	51
5.5.10. Excedente compensatorio y excedente equivalente	55
5.5.11. Función de la oferta	57
5.5.12. Disponibilidad total a aceptar	58
5.5.13. Disponibilidad marginal a aceptar	58
5.5.14. Excedente del productor	58
5.5.15. Variación compensatoria y La variación equivalente del	

Productor	58
5.6. MÉTODO “COSTOS EVITADOS O INDUCIDOS”	60
6. MARCO CONCEPTUAL	63
7. MARCO LEGAL	66
8. METODOLOGIA	73
8.1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	73
8.1.1. Componente abiótico	73
8.1.2. Componente biótico	75
8.2. DISEÑO DEL ENSAYO PARA LA COMPARACIÓN DE LOS DOS MODELOS DE CULTIVO DE ARROZ	75
8.2.1. Selección de las parcelas para el estudio	76
8.2.2. Toma de muestras de suelo para el análisis físico-químico	76
8.2.3. Toma de muestras de suelo para el análisis microbiológico	78
8.2.4. Selección de pesticidas a analizar	79
8.2.5. Determinación del número de muestras de agua para la cromatografía de gases	79
8.2.6. Toma de muestras de agua para la cromatografía de gases	79
8.3. DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	80
8.3.1. Determinación del impacto ambiental en el suelo por la utilización de plaguicidas	80
8.3.2. Determinación del impacto ambiental en el agua por la presencia de residuos de pesticidas categoría Toxicológica I y II	81
8.4. TRANSFORMACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL QUE SE DETERMINO, EN UNIDADES ECONÓMICAS COMERCIALES	81
8.4.1. Método “Costos Evitados o Inducidos”	81
9. RESULTADOS	84
9.1. CARACTERIZACIÓN GENERAL	84
9.1.1. Localización geográfica del área de estudio	84
9.1.2. Componente abiótico	85
9.1.3. Componente biótico	100
9.2. DISEÑO DEL ENSAYO PARA LA COMPARACIÓN DE LOS DOS MODELOS DE CULTIVO DE ARROZ	104
9.2.1. Selección de los lotes para el estudio	104
9.2.2. Descripción de Plaguicidas Seleccionados	117
9.3. DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	129
9.3.1. Determinación del Impacto Ambiental en el Suelo	

	por la Utilización de Plaguicidas	129
9.3.2.	Determinación del Impacto ambiental por la degradación de las características químicas del suelo en cada parcela	137
9.3.3.	Determinación del impacto ambiental en el agua por la presencia de organofosforados	149
9.4.	TRANSFORMACION DEL IMPACTO AMBIENTAL QUE SE DETERMINO, EN UNIDADES ECONÓMICAS COMERCIALES	156
9.4.1.	Función Lineal de Costos del Modelo de Agricultura en Reconversión	156
9.4.2.	Función lineal de costos del modelo de agricultura Convencional	156
9.4.3.	Función de costos del impacto ambiental en la microbiología del suelo	159
9.4.4.	Función de costos del impacto ambiental por la degradación de las características químicas del suelo	159
9.4.5.	Función de Costos del Impacto Ambiental Sobre el Agua por la Presencia de Diazinón y Monocrotofos	160
9.5.	INCORPORACIÓN DE LAS FUNCIONES DE DAÑO A LAS FUNCIONES DE PRODUCCIÓN DE ARROZ	162
10.	CONCLUSIONES	165
11.	RECOMENDACIONES	167
	BIBLIOGRAFIA	168
	ANEXOS	176

## **LISTA DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1. Area cosechada y producción de los principales cultivos transitorios</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 2. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 3. Valores letales de algunos plaguicidas en las fuentes de agua</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 4. Calidad del agua para diferentes usos del recurso hídrico</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 5. Formaciones geológicas</b>	<b>90</b>
<b>Tabla 6. Formaciones geomorfológicas</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 7. Ordenamiento del distrito de riego de las dos parcelas de estudio</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 8. Caracterización de las aguas del distrito de riego</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 9. Especies de flora más representativas en la zona de estudio</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 10. Plantas acuáticas más comunes en la zona de estudio</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 11. Fauna de mayor representatividad en la cuenca de los ríos Timba y Claro</b>	<b>101</b>

<b>Tabla 12. Especies de peces que se encuentran en la parte alta de la cuenca del río Cauca</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 13. Especies trasplantadas en la parte alta de la cuenca del río Cauca</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 14. Especies introducidas en la parte alta de la cuenca del río Cauca</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 15. Descripción de la calicata N°1</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 16. Descripción de los horizontes de la calicata N°1</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 17. Resultados del análisis de caracterización y elementos menores de cada horizonte de la calicata N°1</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 18. Descripción del perfil de la calicata</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 19. Descripción de la calicata N°2</b>	<b>114</b>
<b>Tabla 20. Resultados del análisis de caracterización y elementos menores del suelo en la Calicata N°2</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 21. Concentraciones letales para peces y concentraciones máximas permisibles en agua del diazinón.</b>	<b>122</b>
<b>Tabla 22. Resultados de los análisis microbiológicos del suelo en el lote convencional antes de la siembra</b>	<b>129</b>

<b>Tabla 23. Resultados de los análisis microbiológicos del suelo en el lote en reconversión antes de la siembra</b>	<b>130</b>
<b>Tabla 24. Resultados de los análisis microbiológicos del suelo en el lote en reconversión después de la cosecha</b>	<b>132</b>
<b>Tabla 25. Resultados de los análisis microbiológicos del suelo en el lote en convencional después de la cosecha</b>	<b>132</b>
<b>Tabla 26. Requerimientos nutricionales del arroz por hectárea</b>	<b>137</b>
<b>Tabla 27. Resultados del suelo del lote convencional antes de la siembra</b>	<b>138</b>
<b>Tabla 28. Resultados del suelo del lote en reconversión antes de la siembra</b>	<b>138</b>
<b>Tabla 29. Resultados de caracterización y elementos menores del suelo del lote convencional después de la cosecha</b>	<b>140</b>
<b>Tabla 30. Resultados de caracterización y elementos menores del suelo del lote en reconversión después de la cosecha</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 31. Cantidad de diazinón detectado en la primera muestra recolectada en el lote en reconversión</b>	<b>149</b>
<b>Tabla 32. Cantidad de diazinón detectado en la segunda muestra recolectada en el lote en reconversión</b>	<b>150</b>

<b>Tabla 33. Cantidad de diazinón detectado en la primera muestra recolectada en el lote bajo prácticas convencionales</b>	<b>151</b>
<b>Tabla 34. Cantidad de monocrotofos detectado en la primera muestra recolectada en el lote bajo prácticas convencionales</b>	<b>152</b>
<b>Tabla 35. Cantidad de diazinón detectado en la segunda muestra recolectada en el lote bajo prácticas convencionales</b>	<b>153</b>
<b>Tabla 36. Cantidad de monocrotofos detectado en la segunda muestra recolectada en el lote bajo prácticas convencionales</b>	<b>153</b>
<b>Tabla 37. Concentración de diazinón y monocrotofos promedio en el lote convencional Vs los niveles de organofosforados permitidos en aguas residuales y la <math>LC_{50}^{96}</math> para peces</b>	<b>155</b>
<b>Tabla 38. Concentración del diazinón y el monocrotofos promedio en el lote agroecológico Vs los niveles de organofosforados permitidos en aguas residuales y la <math>LC_{50}^{96}</math> para peces</b>	<b>155</b>
<b>Tabla 39. Resultados del molino del arroz en reconversión</b>	<b>157</b>
<b>Tabla 40. Resultados del molino del arroz convencional</b>	<b>158</b>
<b>Tabla 41. Rentabilidad de cada modelo de producción de arroz</b>	<b>158</b>



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1. Composición de las ventas de sustancias tóxicas agrícolas por cultivo en Colombia</b>	<b>24</b>
<b>Figura 2. Externalidad en la producción</b>	<b>33</b>
<b>Figura 3. Costos en el bienestar de una externalidad</b>	<b>34</b>
<b>Figura 4. Valor total del agua</b>	<b>40</b>
<b>Figura 5. La función de demanda</b>	<b>42</b>
<b>Figura 6. Demanda inelástica</b>	<b>44</b>
<b>Figura 7. Función de demanda (Disponibilidad Total a Pagar)</b>	<b>44</b>
<b>Figura 8. Disponibilidad marginal a pagar</b>	<b>45</b>
<b>Figura 9. Excedente del consumidor (<math>E_c</math>)</b>	<b>46</b>
<b>Figura 10. Utilidad de los individuos</b>	<b>49</b>
<b>Figura 11. Curva de posibilidades de utilidad</b>	<b>50</b>
<b>Figura 12. Variación compensatoria (<math>V_c</math>) y Variación equivalente (<math>V_e</math>)</b>	<b>52</b>

<b>Figura 13. Medición del cambio en el bienestar</b>	<b>54</b>
<b>Figura 14. Excedente compensatorio</b>	<b>56</b>
<b>Figura 15. Función de oferta</b>	<b>57</b>
<b>Figura 16. Variación compensatoria y Variación equivalente del productor</b>	<b>59</b>
<b>Figura 17. Aumento en el Excedente del productor</b>	<b>62</b>
<b>Figura 18. Puntos de muestreo en la zona de estudio</b>	<b>74</b>
<b>Figura 19. Recorrido para la recolección de las muestras de suelo</b>	<b>77</b>
<b>Figura 20. Recolección de muestras de suelo para el análisis físico-químico</b>	<b>77</b>
<b>Figura 21. Recolección de muestras de suelo para el análisis microbiológico</b>	<b>78</b>
<b>Figura 22: Localización de la zona de estudio</b>	<b>84</b>
<b>Figura 23. Fotomosaico de la zona de estudio</b>	<b>85</b>
<b>Figura 24. Temperaturas mínimas, media y máxima mensual multianual</b>	<b>86</b>
<b>Figura 25. Humedad relativa mínima, media y máxima mensual multianual</b>	<b>87</b>
<b>Figura 26. Precipitación mínima, media y máxima mensual multianual</b>	<b>88</b>

<b>Figura 27. Brillo Solar Mínimo, Medio y Máximo Mensual Multianual</b>	<b>89</b>
<b>Figura 28. Geología de la vereda La Bertha</b>	<b>90</b>
<b>Figura 29. Geomorfología de la vereda La Bertha</b>	<b>92</b>
<b>Figura 30. Unidad de Suelo en los lotes de estudio</b>	<b>94</b>
<b>Figura 31. Orden del suelo en la zona de estudio</b>	<b>96</b>
<b>Figura 32. Uso Actual</b>	<b>97</b>
<b>Figura 33. Construcción del perfil del suelo en las cuatro parcelas</b>	<b>105</b>
<b>Figura 34. Calicata N°1</b>	<b>106</b>
<b>Figura 35. Horizontes visibles en la calicata N°1</b>	<b>108</b>
<b>Figura 36. Caracterización de la calicata N°2</b>	<b>111</b>
<b>Figura 37. Dos horizontes visibles en la calicata N°2</b>	<b>113</b>
<b>Figura 38. Muestras extraídas de la calicata N° 2</b>	<b>113</b>
<b>Figura 39. Estructura general de los insecticidas organofosforados</b>	<b>118</b>
<b>Figura 40. Estructura Atómica del Diazinón</b>	<b>120</b>

<b>Figura 41. Estructura atómica del monocrotofos</b>	<b>122</b>
<b>Figura 42. Porcentaje de microorganismos benéficos y patógenos para el cultivo registrados en el suelo del lote convencional y del lote en reconversión antes de la siembra</b>	<b>131</b>
<b>Figura 43. Porcentaje de microorganismos benéficos y patógenos para el cultivo registrados en el suelo del lote convencional y del lote en reconversión después de la cosecha</b>	<b>133</b>
<b>Figura 44. Poblaciones de microorganismos en cada uno de los lotes antes de la siembra</b>	<b>134</b>
<b>Figura 45. Poblaciones de microorganismos en cada uno de los lotes después de la cosecha</b>	<b>135</b>
<b>Figura 46. Poblaciones de bacterias en cada uno de los lotes antes de la siembra</b>	<b>135</b>
<b>Figura 47. Poblaciones de bacterias nitrificantes en cada uno de los lotes después de la cosecha</b>	<b>136</b>
<b>Figura 48. Niveles de fósforo y potasio al final de ciclo productivo del arroz en los dos modelos de agricultura</b>	<b>145</b>
<b>Figura 49. Niveles de nitrógeno al final de ciclo productivo del arroz en ambos modelos de agricultura evaluados</b>	<b>146</b>

<b>Figura 50. Niveles de fósforo y potasio en el suelo antes de la siembra y al final de ciclo productivo del arroz en la parcela del modelo de agricultura convencional</b>	<b>147</b>
<b>Figura 51. Niveles de fósforo y potasio en el suelo antes de la siembra y al final de ciclo productivo del arroz en la parcela del modelo de agricultura en reconversión</b>	<b>147</b>
<b>Figura 52. Niveles de nitrógeno en el suelo antes de la siembra y al final del ciclo productivo del arroz en la parcela del modelo de agricultura en reconversión</b>	<b>148</b>
<b>Figura 53. Niveles de nitrógeno en el suelo antes de la siembra y al final de ciclo reconversión</b>	<b>148</b>
<b>Figura 54. Cromatograma de la primera muestra de agua recolectada en el lote en reconversión</b>	<b>150</b>
<b>Figura 55. Cromatograma de la segunda muestra de agua recolectada en el lote en reconversión</b>	<b>151</b>
<b>Figura 56. Cromatograma de la primera muestra colectada en el lote bajo prácticas convencionales</b>	<b>152</b>
<b>Figura 57. Cromatograma de la segunda muestra colectada en el lote bajo prácticas convencionales</b>	<b>154</b>
<b>Figura 58. Niveles de los compuestos organofosforados registrados en las dos parcelas de estudio</b>	<b>155</b>

## **LISTA DE ANEXOS**

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO A. Principales plaguicidas utilizados en el cultivo del arroz</b>	<b>176</b>
<b>ANEXO B. Tratamiento de cada modelo de producción por hectárea</b>	<b>181</b>
<b>ANEXO C. Metodología Para el Análisis de Suelo</b>	<b>190</b>
<b>ANEXO D. Metodología empleada para la cromatografía de gases en muestras de agua</b>	<b>199</b>
<b>ANEXO E. Costos de producción por hectárea de los dos modelos de producción evaluados</b>	<b>201</b>

## RESUMEN

La presente investigación buscó estimar el valor económico del impacto ambiental generado por la producción de arroz convencional y de arroz orgánico, con el fin de que este impacto adquiriera relevancia dentro del sistema económico como tal, es decir, que tenga un mercado donde sea valorado monetariamente. Esta valoración se realizó por medio de un estudio que permitió comparar los dos modelos de producción y sus impactos ambientales, especialmente referidos a la degradación física, química y microbiológica del suelo, la contaminación del agua por plaguicidas y la extinción de la fauna acuática (externalidades). Posteriormente se valoraron económicamente los impactos, utilizando el método de los “*Costos evitados o inducidos*” hasta obtener el costo real de producción de arroz bajo cada modelo, es decir, los costos de producción, pero incluyendo los costos ambientales generados por cada uno. Finalmente al internalizar los costos ambientales dentro de las funciones de producción de arroz bajo cada modelo evaluado, se estableció que la producción convencional genera mayores costos económicos porque causa mayor degradación de las condiciones físico-químicas y microbiológicas del suelo y mayor contaminación del agua, con respecto a la producción orgánica. Lo anterior permitirá tomar decisiones sobre la generación de herramientas económicas adecuadas que apunte al desarrollo más óptimo de la sociedad en su conjunto.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las carencias ambientales de la teoría económica basada en “la abundancia de recursos” originaron conflictos en la conceptualización del desarrollo y propiciaron el olvido de los aspectos humanos, culturales y ambientales, que ahora se están recuperando. Este enfoque económico convencional y prevalente ha sido causa importante del deterioro ambiental.

Aunque el panorama actual de la política económica está siendo guiado por las medidas de estabilización y ajuste económico y por los cambios globales, ahora nadie habla de los problemas ambientales sin relacionarlos con los aspectos de la sustentabilidad del desarrollo. La práctica y el conocimiento nos han conducido a un punto de encuentro entre economía y ecología, y entre medio ambiente y desarrollo, lo que ha dado lugar al enfoque del desarrollo sustentable, que se encuentra aún en la búsqueda de lecciones y aplicaciones alternativas para consolidarse frente a las formas convencionales de tratamiento de los bienes y servicios ambientales<sup>1</sup>.

El concepto de desarrollo sustentable gana aceptación a causa del surgimiento de la necesidad de un estilo de desarrollo ambientalmente sostenible que, además de preocuparse por la salud del planeta, pone énfasis en la superación de la pobreza, en la equidad intrageneracional, en la solidaridad y en la reestructuración de los sistemas económicos nacionales y mundiales.

Estas reestructuraciones en los sistemas económicos mundiales han conducido a que se piense que los problemas ambientales globales, tales como los generados por la contaminación, pueden ser considerados como variables económicas y por tanto deben ser analizados en términos económicos. La contaminación se conceptualiza económicamente como una externalidad negativa generada por los procesos de producción y de consumo. Un costo externo o externalidad negativa existe cuando se dan las dos condiciones siguientes: 1) Una actividad de un agente económico provoca una pérdida de bienestar a otro agente, y 2) la pérdida de bienestar no está compensada. Es decir, las externalidades aparecen cuando el comportamiento de un agente cualquiera (consumidor o empresa), afecta el bienestar de otro (su función de producción, o su función de producción de utilidad), sin que este último haya elegido esta modificación, y sin que exista un precio o una contraprestación monetaria, que

---

<sup>1</sup> PAPE, E., IXCOT, L.: Economía de la Biodiversidad: Guatemala: Valoración Económica del Lago Amrititlán. México. 1999. 151 p.



lo compense. Aunque también las externalidades pueden ser de carácter positivo, cuando la actividad económica provoca un aumento en el bienestar de otro agente.

Por ejemplo, los sistemas de producción agrícola convencionales han sido desarrollados de acuerdo a las políticas económicas tradicionales con altos requerimientos de energía (fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas, reguladores de crecimiento, labranza mecanizada, riego, etc.) siendo pues intensos en uso de capital e insustentable, debido a que aumentan los costos de producción y están desencadenando una serie de perjuicios en todo el territorio ecológico, y muy especialmente en la salud humana, con grandes costos para la humanidad. Dichos costos no son asumidos por quien los genera, es decir se están generando externalidades negativas.

Por otro lado, existen alternativas de producción agrícola, entre los que se encuentran, los llamados cultivos orgánicos ó agroecológicos ó agricultura sostenible. Al contrario de los sistemas de producción agrícola convencionales, los sistemas de producción orgánicos generan beneficios al hombre y el medio ambiente, porque promueven la utilización y generación de tecnologías ecológicas para el manejo de los sistemas de producción, la conservación de los recursos naturales, la protección del medio ambiente, la viabilidad económica y la equidad social. Este tipo sistema productivo genera una serie de servicios ambientales, que no tienen un mercado establecido, es decir, estos productos no tienen un precio que reflejen sus bondades.

Con el fin de que las externalidades sean consideradas dentro de un mercado y se puedan comercializar e internalizar, para lograr impulsar los sistemas agrícolas sostenibles, el presente estudio pretendió contabilizar el desgaste del capital natural, que ocurre como consecuencia de la utilización de un sistema de producción convencional, es decir, contabilizar el valor de las externalidades. Motivar a diversos sectores a incorporar el elemento económico en la sustentabilidad ambiental y a una valoración realista de los recursos ambientales, incluyendo costos sociales y medioambientales así como sus respectivos beneficios, constituye uno de los objetivos de este trabajo.

En la vereda La Bertha, en jurisdicción del Municipio de Jamundí, Valle del Cauca se ha venido desarrollando un sistema productivo de arroz mediante un proceso de reconversión, de convencional a orgánico, apoyado por entidades como CETEC y la CVC. En esta zona es donde se desarrollaron los ensayos para obtener los resultados que permitieron hacer una estimación de los beneficios del modelo de agricultura en reconversión y de los costos ambientales que genera la agricultura convencional, para buscar internalizarlos mediante la generación de herramientas económicas.

La estrategia para cumplir con los objetivos de esta investigación, se basó inicialmente en la evaluación de algunos impactos ambientales generados por el cultivo convencional de arroz, y el cultivo agroecológico del mismo. Hay que precisar que son muchos los impactos que puede causar la agricultura, sin embargo este trabajo solo se limitó a tomar como indicadores de impacto ambiental la contaminación de las aguas y la posible degradación físico-química y microbiológica del suelo.

En la segunda parte del estudio se convirtieron estos impactos ambientales evaluados, en unidades económicas, utilizando el “*Método de los Costos Evitados o Inducidos*”. El método emplea el uso de indicadores económicos comerciales que pueden ser afectados dados unos niveles de contaminación. En caso particular de esta investigación, los indicadores utilizados fueron: el costo comercial de los peces que podrían morir por la contaminación del agua, el costo de descontaminación del agua para que sea aprovechable y el costo de recuperación de los suelos degradados.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Vivimos en una sociedad en la que el problemas de decidir qué es lo que se produce, cómo se produce y cómo se distribuye lo producido, mejor dicho, la asignación de recursos escasos, ha sido dejado en manos del sistema de mercado.

Los mercados tienen fallas estructurales o externalidades que hacen que los bienes y servicios ambientales no valgan lo mismo para las personas como individuos, que lo que valen para la sociedad en su conjunto; esto sucede en ambos sentidos. En ocasiones la acción de un individuo vale menos para él de lo que vale para la sociedad y, en otras, la acción de un individuo vale más para él de lo que vale para la sociedad. Esta diferencia entre valores privados y valores sociales es lo que llamamos externalidades<sup>2</sup>.

En otras palabras, las externalidades, son las repercusiones que una actividad económica causa en otros agentes económicos o grupos sociales diferentes a los usuarios, sin existir de por medio una compensación. Estas externalidades, no son tenidas en cuenta y son ignorados por el agente que los origina, eliminando motivación alguna o incentivo para que éstos cambien su conducta e intenten reducir el costo que sus acciones imponen sobre el bienestar de la sociedad en su conjunto.

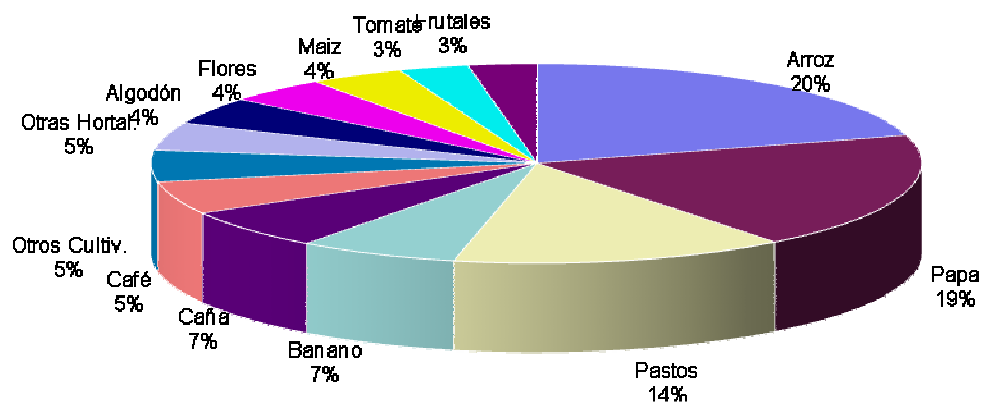
En el caso particular del sector agropecuario, este ha estado íntimamente ligado al desarrollo económico de Colombia, por la contribución a la producción de alimentos, el abastecimiento de materias primas, la generación de empleo y divisas y sus eslabonamientos con otros sectores en función de las cadenas productivas. Sin embargo el desarrollo de actividades de agricultura convencional y especialmente el uso de agrotóxicos ha sido el causante de muchas externalidades negativas, que aun no han sido internalizadas dentro de los sistemas económicos, como por ejemplo la pérdida de biodiversidad, la contaminación y el deterioro de la salud humana.

El cultivo del arroz ha sido el de mayor consumo de plaguicidas en Colombia, con el 21%; seguido por la papa con el 19%; los pastos con el 14%; el banano con el 7%; la caña de azúcar con el 6% y el café con el 5%. (Figura 1)

---

<sup>2</sup>BELAUSTEGUIGOITIA, J.: Economía de la Biodiversidad. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, 1999. 36 p.

**Figura 1. Composición de las ventas de sustancias tóxicas agrícolas por cultivo en Colombia**



**Fuente:** ANDI. Memorias del Segundo Simposio Internacional sobre las ciencias relacionadas con el registro de los productos para la protección de cultivos. Cámara de la industria para la protección de cultivos. Latin American Crop Protection Association. Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá, 2000., p. 147.

“Los principales plaguicidas empleados en el cultivo del arroz, se refieren al uso de 34 herbicidas, 30 insecticidas y 30 fungicidas, (Anexo A) con dosis de aplicación que va desde 0.3 hasta 8 litros de plaguicida líquido y de 15 gr a 25 Kg de producto sólido por hectárea” (Fedearroz, 2000)<sup>3</sup>.

Específicamente el cultivo de arroz en la vereda La Bertha se ha desarrollado por más de 20 años, con la aplicación de una propuesta técnica, que cada año incrementa el uso de agroquímicos y con prácticas de cultivo (uso de agrotóxicos, fertilización química, preparación de suelo excesiva, siembra en épocas no aptas) que en el momento la hacen inviable por su gran impacto ambiental. Uno de los factores más relevantes es el alto uso de herbicidas. Siete productos diferentes son utilizados en una sola mezcla y aún así no se logra controlar la alta población de plantas acompañantes.

Gran parte de estas sustancias tóxicas utilizadas, entran en contacto con las aguas de riego del cultivo, las cuales son vertidas a cuerpos de agua como ríos, quebradas, humedales, generando efectos negativos sobre la vida salvaje, y la salud humana. Los agrotóxicos que también llegan al suelo por aplicación, “pueden causar múltiples efectos a

<sup>3</sup> **FEDEARROZ.** II Censo Nacional Arrocerero. Zona Bajo Cauca. Fedearroz, Fondo Nacional del Arroz- División de Investigaciones Económicas. Bogotá, julio de 2000. 24 p.

las poblaciones de organismos del suelo, la viabilidad de las semillas y los procesos fisiológicos de los cultivos” (Nivia, 2000)<sup>4</sup>. Existen varios estudios que demuestran la interferencia de plaguicidas en los procesos de fijación de Nitrógeno, tanto en bacterias de vida libre como de bacterias que establecen relaciones simbióticas con las plantas. (Zablotowicz y Reddy, 2004<sup>5</sup>, Hutchinson, 1995<sup>6</sup>, Forlani, Mantelli, Branzoni, Nielsen y Favilli 1995<sup>7</sup>, Bezbaruah, et al, 1994<sup>8</sup>, Santos y Flores 1995<sup>9</sup>).

Dado que los cuerpos de agua, utilizados como receptores de sustancias residuales, son designados como un recurso común, el productor de arroz no incurre en ningún costo, en el corto plazo, por la utilización de estos cuerpos de agua, como receptores de sus propios residuos. Sin embargo el agricultor esta trasladándole su costo a la sociedad, pues es ésta, la que no solo va a pagar el costo de lo que significa no utilizar este recursos en producir alguna otra cosa, sino, también pagará el costo de estar contaminada. Por lo tanto, en este caso, el costo social de la producción es mayor al privado. En estas condiciones, el cultivo del arroz convencional se llevara a cabo en mayor medida de lo deseable, debido al que los beneficios privados son mayores, conllevando a la sobreexplotación del recurso hídrico.

Por otro lado, si un productor cultivara arroz con técnicas agroecológicas, el valor de sus productos es lo que puede obtener en el mercado por los bienes y productos derivados del mismo; sin embargo, hay muchos otros bienes y servicios o externalidades positivas que se derivan del cultivo agroecológico, que el propietario no puede vender en el mercado y que tienen un valor social, como es, la protección del suelo y del agua, entre otros. En este caso el costo social es menor que el costo privado, por lo tanto, producir agroecológicamente se llevara a cabo en menor medida de lo deseable.

---

<sup>4</sup> **NIVIA. E.:** Mujeres y Plaguicidas. Una Mirada a la Situación Actual, Tendencias y Riesgos de los Plaguicidas. Rapal-mira, Ecofondo, Pan. Colombia, 2000. 32 p.

<sup>5</sup> **ZABLOTOWICZ, R.M. y REDDY, K. N.:** Impact of Glyphosate on the Bradyrhizobium japonicum Symbiosis with Glyphosate-Resistant Transgenic Soybean. En: Environ. Qual. Vol. 12. N°. 4 (Ene-Mar. 2004): p. 10 – 20.

<sup>6</sup> **HUTCHINSON, G.I.:** Nitrogen Cycle Interactions with Global Change Processes. In Niertenberg, W.I. San Diego: Encyclopedia of Environmental Biology. Volume 2, Academic press. 1995. p. 583-587

<sup>7</sup> **FORLANI G. MANTELLI M, BRANZONI M, NIELSEN E y FAVILLI F.** Differential sensitivity of plant-associated bacteria to sulfonylurea and imidazonline herbicides. En: Plant and Soil. Vol. 176. N° 6 (Oct – Dic. 1995): p. 243-253. Netherlands.

<sup>8</sup> **BEZBARUAH, B., SAIKIA, N y BORA, T.** Effect of pesticidas on most probable number of soil microbes from tea (Camellia sinensis) plantations and uncultivated land enumerated in enrichment media. En: Agric. Sciences Vol. 65. N°8 (Jun-Ago. 1995): p. 578 – 583, India.

<sup>9</sup> **SANTOS, A. Y FLORES, M.** Effects of glyphosate on nitrogen-fixing of free living heterotrophic bacteria. En: Letters in Applied Microbiology. Vol 20 N° 6 (Abr-Jun. 1995): p. 349 – 352.

Esta diferencia entre valores sociales y valores privados son en gran medida los causantes de los problemas. Cuando el costo privado es mayor que el costo social, la actividad se llevará a cabo en menor medida de lo deseable, ya que el agente privado no recibe todos los beneficios que la sociedad obtiene. Y cuando los costos privados son menores que los costos sociales, esa actividad se llevará a cabo en mayor proporción de lo deseable, pues el agente privado percibe mayores beneficios.

Por ejemplo, para el caso particular de un agricultor que trabaja la tierra con técnicas convencionales en la vereda la Bertha y siembra en la cuenca hidrográfica del río Cauca, de donde se abastecen de agua diferentes poblaciones, el agricultor no recibe ningún beneficio por conservar las funciones hidrológicas de la cuenca; más aún, hacerlo le genera costos de oportunidad. Por lo tanto, solo encontraría incentivos para sembrar con técnicas convencionales, donde se emplearían el uso de agrotóxicos, esto a pesar de las pérdidas -costos- que él le traslade a la sociedad

En este caso la sociedad pierde mucho porque muy probablemente el uso que generaría los mayores beneficios sociales no sería el cultivo intensivo. Muy seguramente el uso que rendiría los mayores beneficios sociales sería aquel que asegurará el buen funcionamiento de la cuenca que nutre a los acueductos municipales; en este caso la agricultura agroecológica. Este tipo de agricultura “genera grandes beneficios para el hombre y el medio ambiente, porque implica una incorporación más completa de los procesos naturales en la producción agrícola, la reducción de entradas de insumos con mayor potencial de deterioro del ambiental y de la salud humana” (Jiménez et al, 1997)<sup>10</sup>.

Claramente en el caso del agricultor de la vereda la Bertha, la decisión óptima para el -sembrar con técnicas intensivas- no es la misma decisión óptima para la sociedad -Cultivar limpiamente-. El planteamiento anterior se basa en que los individuos racionales toman decisiones orientadas a alcanzar el máximo beneficio individual posible. Como sabemos que la agricultura orgánica genera mayores beneficios sociales que privados, por ende dicho modelo de agricultura se llevara a cabo en menor medida de lo deseable.

En definitiva, los mercados no pueden garantizar por sí solos la calidad ambiental ni el desarrollo agrícola sostenible, por lo tanto, es necesario que para proteger el medio ambiente se adopten políticas adecuadas que modifiquen el comportamiento de los agricultores, consumidores y mercado.

---

<sup>10</sup> **JIMÉNEZ, R.M., CAMO, J.:** Agricultura Sostenible. Comisión Europea, Dirección General del Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección Civil. España, 1997. 192 p.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La zona rural del Municipio de Jamundí, ha sido objeto de un modelo de desarrollo agropecuario que no ha tenido en cuenta la sostenibilidad de los ecosistemas y las condiciones sociales y culturales de la población. Se carece de instrumentos que permitan la planificación y el ordenamiento diversificado de la producción y como consecuencia en algunas veredas se establecen modelos de producción que conllevan a un alto deterioro ambiental. Tal es el caso de la vereda La Bertha, en el corregimiento de Timba, en donde las familias campesinas devengan su sustento del monocultivo del arroz con el manejo y aplicación de una tecnología que implica la aplicación de costosos y peligrosos agroquímicos que han desencadenado serios problemas de deterioro ambiental.

“En Colombia el cultivo de arroz se desarrolla en 4 grandes zonas geográficas: Costa Norte y Santanderes; Bajo Cauca; Centro, y los Llanos Orientales. A nivel nacional el arroz se produce en 60 municipios de los departamentos de Tolima, Huila, Valle, Cauca, Norte de Santander, Cesar, Magdalena, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia, Chocó, Meta, Casanare, Arauca y la Guajira. Existen 28.128 productores en 33.435 unidades productoras de arroz” (Fedearroz, 2000)<sup>11</sup>.

Según la ENA 2007<sup>12</sup>, dentro de la superficie agrícola de cultivos transitorios, se destaca el arroz, que contó con 438.893 hectáreas sembradas y 2.492.394 toneladas de producción. De estos valores el arroz mecanizado concentró 97.43% del área y el 98.99% de la producción, aunque el maíz ocupó el primer lugar con 523.527 hectáreas sembradas y una producción de 1.213.331 toneladas. (Tabla 1)

**Tabla 1. Area cosechada y producción de los principales cultivos transitorios (2007)**

CULTIVO	HECTÁREAS	TM
Maiz	523.527	1.213.331
Arroz	438.893	2.492.394
Yuca	159.376	1.308.472
Papa	140.050	2.417.653

**FUENTE:** ENA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- CCI, Agroencifras 2007 Colombia. 2007

<sup>11</sup> **FEDEARROZ.** II Censo Nacional Arrocerero. Zona Costa Norte y Santanderes. Fedearroz, Fondo Nacional del Arroz- División de Investigaciones Económicas. Bogotá, Julio de 2000. 36 p.

<sup>12</sup> **ENA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- CCI.**: Agroencifras 2007 Colombia. 5 p.

El cultivo del arroz, según La Organización Panamericana de la Salud, ha determinado que el uso indiscriminado de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) en la producción de arroz en las áreas agrícolas de Colombia, Ecuador y Perú, está provocando la contaminación de los recursos naturales que intervienen en su proceso productivo, además del producto final, siendo probablemente la causa del deterioro de la salud de los agricultores, sus familias y la de los consumidores finales, ya sea por efecto principalmente del contacto o del consumo de agua o del grano, lo que al parecer incide en la prevalencia de enfermedades gástricas, hepáticas y renales entre la población del sector en referencia, así como en el deterioro de la fauna ictiológica e insecta benéfica de los cuerpos de agua (peces, camarones e insectos predadores, parasitoides y polinizadores).

Como se observa el cultivo del arroz ha traído consigo distorsiones sociales y costos ecológicos (externalidades) que son necesarios tomar en consideración, al igual que los costos económicos.

La solución que se propone desde el punto de vista económico, consiste en eliminar las externalidades. Para esto es necesario contar con una evaluación económica del medio ambiente y de los recursos naturales para atacar las causas fundamentales del problema ambiental, para que en los procesos de toma de decisiones se adopten medidas que integren los costos y beneficios que implica alterar el ambiente.

El desarrollo de la economía ambiental podría, por ejemplo, contribuir a valorar los costos y efectos negativos (así como los beneficios) que se generan por la elección de actividades económicas y patrones de consumo en relación con la diversidad biológica, eliminando las externalidades. Esta valoración económica ayudaría a sentar las bases para que la sociedad asuma explícitamente aquellos costos que hoy ignora, y pueda así disfrutar de los beneficios económicos y ambientales que la biodiversidad puede ofrecer y reducir algunas de las fuentes fundamentales de presión sobre la riqueza genética de especies y ecosistemas del planeta.

De igual forma, con el desarrollo de la economía ambiental es posible crear nuevos instrumentos económicos, para hacer que el mercado funcione donde antes no podía hacerlo. Con los instrumentos económicos --como los impuestos ambientales, permisos comerciables o sistemas de depósito-devolución-- es posible hacer que los agentes económicos particulares internalicen los costos sociales de sus acciones al momento de tomar decisiones como consumidores o productores de bienes y servicios. Es decir, dichos agentes siguen tomando decisiones dentro de un mercado, pero ahora son guiados por precios que ya toman en cuenta al medioambiente.



Para el caso particular de esta investigación, la estimación de valor económico del impacto ambiental causado por la producción de arroz establecería argumentos para la creación de incentivos económicos para la agricultura orgánica y regulaciones para el modelo de producción convencional, lo cual permitiría a la sociedad optar por la alternativa de uso que le produciría los mayores beneficios económicos netos.

Este estudio pues, podrá determinar parte de los costos económicos de los efectos sobre el ambiente, relacionados al agua, al suelo, a los peces y el hombre, generados por el cultivo convencional y el cultivo agroecológico de arroz, desarrollando la base técnica y científica para la formulación de incentivos económicos, para los agricultores orgánicos y de restricciones económicas para los agricultores convencionales, prácticamente obligando a la sociedad a conservar los recursos naturales y el medio ambiente, promoviendo procesos productivos mucho mas sostenibles.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Estimar el valor económico del impacto ambiental, referido a la degradación del suelo y la contaminación del agua, producido por un cultivo de arroz *Oriza sativa* L bajo un modelo agrícola convencional y bajo un modelo agrícola en reconversión en el Municipio de Jamundí, Colombia.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar ambientalmente del área de estudio
- Establecer y definir los parámetros de comparación de los dos modelos agrícolas
- Determinar los impactos ambientales generados por los modelos agrícolas sobre los parámetros definidos.
- Convertir el impacto ambiental, en unidades económicas comerciales, por medio de funciones de daño.
- Internalizar los costos del daño ambiental dentro de la función de producción del arroz bajo los dos modelos.

## 5. MARCO TEÓRICO

“Vivimos en una sociedad en la que el problemas de decidir qué es lo que se produce, cómo se produce y cómo se distribuye lo producido, mejor dicho, la asignación de recursos escasos, ha sido dejado en manos de eso que se denomina el sistema de mercado” (Botero et, al, 2003)<sup>13</sup>.

“En un mercado idealmente competitivo, confluyen toda una serie de agentes económicos (productores, trabajadores, consumidores) quienes, actuando de manera *racional* (es decir, tratando de maximizar una funciones-objetivo, previamente definidas en el modelo), que generan a través de su interacción, unos precios. Estos precios, denominadas señales del mercado, son los que determinan finalmente, la solución al problema de la asignación de recursos escasos. En efecto: los consumidores muestran así sus preferencias (y la intensidad de las mismas) por una serie de bienes y servicios; muestran idealmente su disposición a pagar por ellos. Las empresas recogen esta información y organiza el proceso productivo en consecuencia. La competencia entre ellas, así como entre los propios consumidores y oferentes de los servicios de los factores producidos, garantiza en principio la optimalidad del resultado. El problema se resuelve, por tanto, gracias a las indicaciones del mercado proporciona sobre el valor económico de los distintos bienes” (Azqueta, 1994)<sup>14</sup>.

Lo anterior son condiciones de mercado perfecto. “En este tipo de mercado, sin fallas, los recursos se asignarían, mediante transacciones, a aquellos usos que maximizarían el bienestar de la sociedad. En esas condiciones se presentaría un sistema de precios eficiente -de equilibrio- donde las cantidades producidas y las demandas serían iguales, maximizando el bienestar social” (Botero et al, 2003)<sup>15</sup>. Entonces, el éxito de los mercados depende de la ausencia de fallas del mercado. Pero normalmente el mercado está plagado de fallas. Por lo tanto su funcionamiento dista mucho de ser perfecto. Cuando el mercado es incapaz de proveer un sistema eficiente de precios que pueda poner de acuerdo a consumidores y productores, falla y se genera ineficiencia económica. El concepto de *falla de mercado*, es un poco errónea, porque el fallo no es totalmente del mercado. “El mercado tiene como función, entre otras, la de distribuir información, y no se le puede criticar por no distribuir una información que no existe” (Bowers, 1990)<sup>16</sup>. Y la falta de información es falla del hombre. Claramente, este es el caso de los bienes y recursos

---

<sup>13</sup> **BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.** Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Bogotá, 2003. 23 p.

<sup>14</sup> **AZQUETA.D.:** Valoración Económica de la Calidad Ambiental. Mc Graw Hill. España, 1994. 12 p.

<sup>15</sup> **BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.** 2003. Op. Cit., p 36.

<sup>16</sup> **BOWERS, J.:** The Environmental Crisis and the Limits of the Market. School of Business and Economic Studies, Universidad de Leeds. England, 1990. p. 42.

ambientales, a los cuales el mercado no asigna valores que reflejen su escasez e importancia social. Cuando el mercado no puede asignarles valores, esos bienes ambientales y los recursos naturales terminan siendo subvalorados. Esto lleva a sus degradación, deterioro y eventual agotamiento. “Las principales fallas de mercado están relacionadas con: Información incompleta, impuestos, subsidios, control de precios Información asimétrica, Monopolios, Existencia de bienes libres y Externalidades” (Botero et al, 2003)<sup>17</sup>.

Como vemos, “la mayor parte de los componentes del valor económico de un activo ambiental no tienen un valor de mercado. Esto es considerado como una falla del mercado” (Romo, 1999)<sup>18</sup>. Este es el punto que más interesa aquí, porque “existe todo un conjunto de bienes y servicios (y males) que, por carecer de un mercado, carece asimismo de precio: es el caso de los llamados bienes libres, los recursos comunes o las externalidades en términos generales (Azqueta, 1994)<sup>19</sup>.

## **5.1. EXTERNALIDADES EN LA PRODUCCIÓN**

Una externalidad en la producción se define como “un efecto causado por el proceso productivo sobre personas, bienes o recursos ajenos ha dicho proceso, sin compensación ni cobro monetario sin que el afectado haya participado voluntariamente en la decisión de causarlo. Existen entonces externalidades positivas y negativas” (Botero et, al, 2003)<sup>20</sup>. Un ejemplo de externalidad negativa, es cuando una persona se le ocurre cultivar la tierra con mecanismos intensivos, que incluyen la utilización de pesticidas, disminuyendo el bienestar de todos los que están comprando los alimentos, o los que viven cerca del cultivo, sin que (en ausencia de una intervención gubernamental) pueda exigir al causante una compensación o precio por ello. Una externalidad positiva, sería por ejemplo, un cultivo agroecológico, generando mayor bienestar a los consumidores de estos productos orgánicos, porque hace menor el riesgo de intoxicación o muerte. En conclusión, en cualquier caso, es que quien genera una externalidad negativa, en este caso el agricultor intensivo, no tiene que pagar por ello en un sistema de mercado, a pesar del perjuicio que causa; y quien produce una externalidad positiva -el cultivador agroecológico-, no se ve recompensado monetariamente.

---

<sup>17</sup> **BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.** 2003. Op. Cit. p. 39.

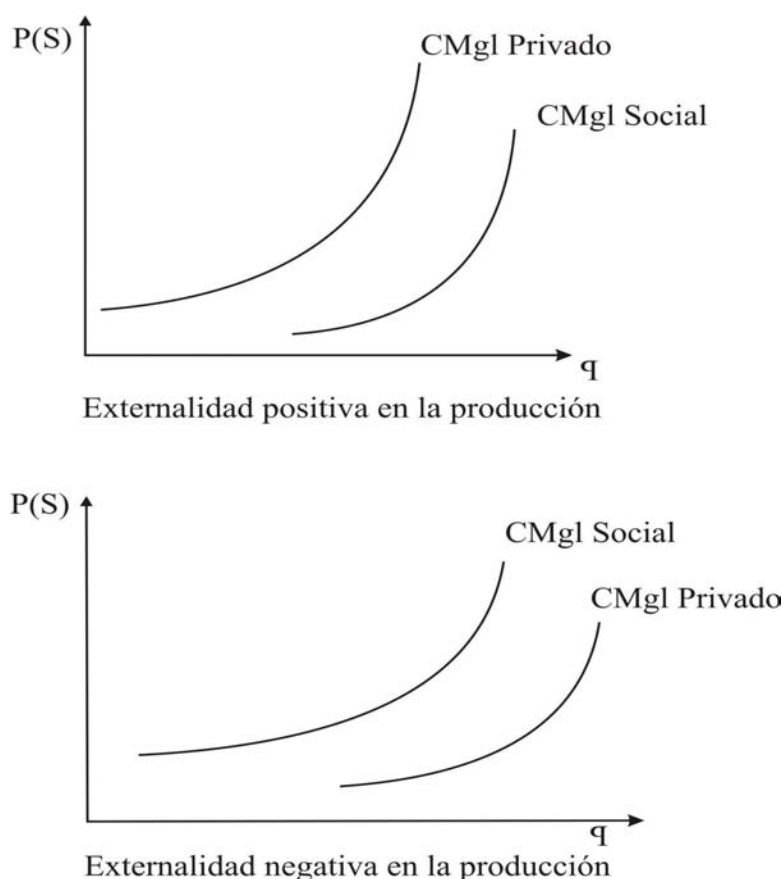
<sup>18</sup> **ROMO. J.L.:** Memorias del Seminario Internacional sobre Aspectos Económicos de la Biodiversidad: Evaluación Económica de la Migración de las Mariposas Monarca.. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, 1999. p. 124.

<sup>19</sup> **AZQUETA. D.** 1994. Op. Cit., p. 21.

<sup>20</sup> **BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.** 2003. Op. Cit., p. 41.

“La externalidad en la producción hace que se genere una brecha entre el costo marginal incurrido por los productores (CMgl productores) y el costo marginal social (CMgl)” (Azqueta, 1994)<sup>21</sup>. Esto, debido a que la externalidad no es percibida por los productores y, por ende, no se incluye en sus costos de producción. En contraste, otros miembros de la colectividad nacional perciben un perjuicio (costo), ya sea en caso de una externalidad negativa o un beneficio (costo negativo) o en caso de una externalidad positiva, haciendo el costo social tenga dos componentes: los costos de producción y los costos percibidos por terceros como se observa en la Figura 2.

**Figura 2. Externalidad en la Producción**



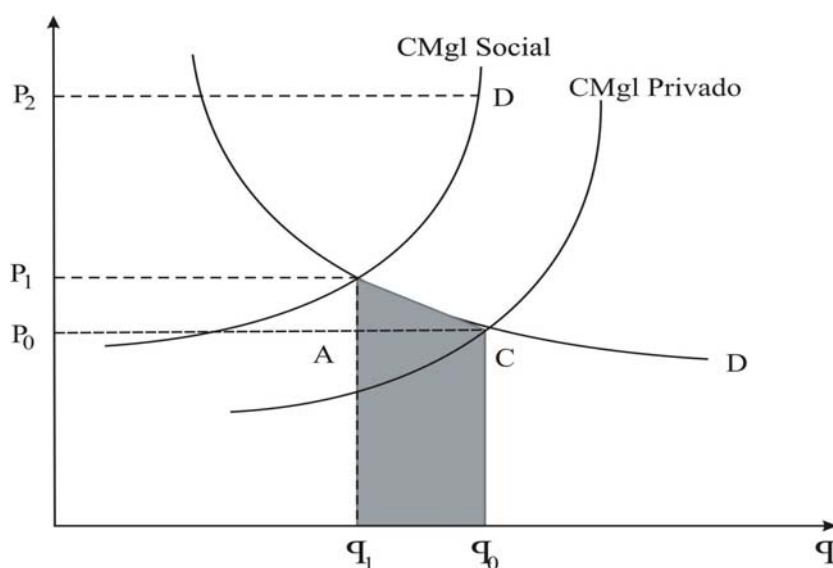
**Fuente:** AZQUETA, Diego. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. España: Mc Graw Hill, 1994., p. 34.

Una externalidad en la producción genera una ineficiencia social, porque las “señales” que hacen funcionar el mercado (los precios) no contemplan los efectos externos de las

<sup>21</sup> AZQUETA, D. 1994. Op. Cit., p. 33.

entidades productoras. Como tal, aunque se presente igualdad entre el precio y el costo marginal de producción, el precio no estará conduciendo a un óptimo social. En la Figura 3 se observa que, en ausencia de otras distorsiones, las fuerzas del mercado y el comportamiento individual (privado) generaran un equilibrio en  $(q_0, P_0)$ . En este punto, el costo marginal privado es igual al precio pagado por el consumidor. Dicho precio ( $P_0$ ) también es igual a la utilidad marginal del consumo. Sin embargo, el costo marginal social asociado con la unidad  $q_0$  es muy superior al precio  $P_0$ . Este es señalado por  $P_2$ .

**Figura 3. Costos en el Bienestar de Una Externalidad**



**Fuente:** AZQUETA, Diego. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. España: Mc Graw Hill, 1994., p. 41.

Obsérvese de otro lado que el óptimo social se encuentra en  $(q_1, P_1)$ , donde el precio ( $P_1$ ) implica que el costo marginal social y la utilidad marginal del consumo sean iguales. El costo neto en términos de eficiencia de ubicarse en  $q_0$  en lugar de  $q_1$ , se deriva en la siguiente forma:

1. El beneficio (bruto) de estar en  $q_0$  en lugar de  $q_1$  se determina por la utilidad del consumo  $(q_0 - q_1)$ , cuyo equivalente monetario es el área  $q_1ACq_0$  (sombreado horizontalmente).
2. El costo social bruto está representado por el costo marginal social de producir  $(q_0 - q_1)$  unidades: el área  $q_1ADq_0$  (Sombreado verticalmente).
3. La diferencia, entre el beneficio social y el costo social, el área DAC, muestra la pérdida neta de bienestar, causado por la externalidad negativa.
4. Nótese que  $P_2 = CMgl_{Social} \neq CMgl_{Privado} = UMgl = P_0$

La mejor manera de eliminar las externalidades, es internalizándolas en las funciones de producción de quien ejerce la externalidad, igualando los costos sociales con los costos privados.

## 5.2. BIENES LIBRES

“Se observa que el mercado puede ser exitoso en la asignación eficiente de un bien cuando se trata de un bien privado. Un bien privado tiene tres atributos esenciales: es rival, es excluyente y es divisible. Un bien es rival cuando el consumo de una unidad de ese bien por parte de un individuo afecta el consumo de otro” (Botero et al, 2003)<sup>22</sup>, por ejemplo: una persona no se puede comer una hamburguesa que otra ya se comió.

Es excluyente cuando los costos en que se debe incurrir para excluir a otro de su consumo son finitos; por ejemplo los costos de impedir de acceso libre a una casa privada de habitación con finitos. Una chapa y una llave. Un bien privado es además divisible. Se puede dividir, comprar y vender en cantidades finitas en los mercados: una tonelada de cemento se puede vender por kilos.

A diferencia de los bienes privados, los bienes y servicios que provee el medio ambiente son, en esencia, bienes y servicios con características de bienes libres. “Los bienes libres, desde la perspectiva económica, son definidos como bienes o servicios que una vez son producidos pueden ser proveídos a usuarios adicionales, sin afectar su disponibilidad para los consumidores originales, es decir, sin costo extra” (Aylward 1992)<sup>23</sup>; (Dixon y Schrman 1990)<sup>24</sup>.

Contrario a los privados, los bienes libres son no rivales, son no excluyentes y son no divisibles. Para otros autores los bienes libres tiene dos características: la no exclusión y la no rivalidad. El consumo de este tipo de bienes por parte de una persona no afecta el consumo de otra –no rivales-; resulta muy costoso excluir a un individuo de su consumo –no excluyentes; y es imposible, o muy difícil definir cantidades finitas de consumo y de su oferta –no divisible-. Este sería el caso de bienes ambientales como la luz del sol o el paisaje a lo largo de una vía pública. En estos casos el consumo de estos bienes ambientales por parte de una persona no afecta las cantidades de ellos que otra persona pueda consumir, no se puede, a costos razonables, excluir a nadie del placer de gozarlos y

---

<sup>22</sup> **BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.** 2003. Op. Cit., p. 43.

<sup>23</sup> **AYLWARD, B.:** Appropriating the Value of Wildlife and Wildlands: Economics of the Wilds, Washington, DC. 1992., p 64.

<sup>24</sup> **DIXON, J.A., Y P.B. SHERMAN.** Economics of Protected Areas Washington, D.C. 1990., p. 38.

estos bienes no se pueden fraccionar para comercializarlos. Por todo lo anterior “la gente no encuentra razones para pagar por su acceso a ellos” (Botero et al, 2003)<sup>25</sup>.

Por su condición de bienes libres, el acceso a los bienes ambientales -el silencio, la calidad del aire, la biodiversidad, etc.- es libre. En ausencia de la intervención gubernamental que determine precios que representen el valor de los recursos y el medio ambiente en el mercado, ellos pueden ser accedidos por todos sin ningún cuidado. Cualquier persona puede encontrar argumentos o incentivos de tipo privado para sobreexplotarlos y para asignarlos ineficientemente a usos que le generen a la sociedad beneficios escasos, nulos o negativos. “Esta diferencia entre beneficios privados y sociales, conducen a la degradación, deterioro, extinción o agotamiento” (Belausteguigoitia, 1999)<sup>26</sup>.

**5.2.1. Recursos comunes o cuasi-libres.** “Los bienes cuasi-libres pueden ser en algún momento rivales o excluyentes” (Botero et al, 2003)<sup>27</sup>, aunque “los recursos comunes están caracterizados por la libertad de acceso” (Azqueta, 1994)<sup>28</sup>. Ello implica que su uso y disfrute no tiene ningún costo, pero a diferencia de lo que ocurre con los bienes libres, en muchos casos existe rivalidad en el consumo. Por ejemplo, cuando se pesca en un río se impide que otro pescador lo haga. Este tipo de bienes tienen el mismo problema de los recursos públicos, pues, no existe una regulación con respecto a su utilización, corriendo el riesgo de agotamiento o desaparición.

El medio ambiente y muchos recursos naturales como el agua comparten esta triple característica, debido a ello, el sistema de mercado no proporciona ninguna indicación con respecto al valor de los mismos, lo que lleva a que sean considerados gratuitos, a que su uso o consumo no tenga ningún costo, y a que se produzca la sobreexplotación correspondiente. Si una persona quisiera mejorar su nivel de bienestar, mejorando la calidad del aire que respira, o reduciendo el nivel de ruido que tiene que soportar, no encontraría un mercado explícito en el que adquirir directamente estos bienes y servicios: no hay un mercado en el que comprar calidad del aire ni, por tanto, un precio explícito para ello. Estos es el problema descrito por Hardin en 1968 en su artículo “La Tragedia de los Comunes” (The Tragedy of the Commons)<sup>29</sup>.

Entonces encontrar precisamente ese valor no parece tan errado, desde una perspectiva económica, para integrar esa información en un proceso de toma de decisiones que le afecten, de forma que cuando se utiliza el medio y sus funcione, por ejemplo se conozca y

---

<sup>25</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit., p. 44.

<sup>26</sup> BELAUSTEGUIGOITIA, J. 1999. Op. Cit., 30.

<sup>27</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit., p. 47

<sup>28</sup> AZQUETA. D. 1994. Op. Cit., p. 20

<sup>29</sup> HARDIN, G.: The Tragedy of the Commons. En: Journal Science. Marzo, 1968, vol. 68, no 2, p. 10-35.



pague el costo que ello representa. O de forma cuando se adopta alguna medida que mejora la calidad ambiental de un determinado entorno, se sepa qué valor tiene el cambio para la población afectada. En este orden de ideas se puede decir que el medio ambiente carecerá de precio, pero tiene valor. Y es necesario generar el sistema de valoración del medio ambiente.

Según Pearce (1976)<sup>30</sup>, planteó que el medio ambiente cumple al menos cuatro funciones que son valoradas positivamente en la sociedad.

1. Forma parte de la función de producción de gran cantidad de bienes económicos (procesos productivos que consumen agua de una determinada calidad, aire, etc.). el medio ambiente, y los recursos naturales en general forman la base sobre la que se apoyan muchos procesos productivos, que serían impensables en su ausencia. Ahora bien, el medio ambiente no solo participa en los procesos de producción, distribución y consumo de bienes y servicios económicos ofreciendo unos insumos muchas veces esenciales: también recibe como retorno muchas cosas que en estos procesos se generan. Esta es su segunda función
2. El medio ambiente actúa, en efecto, como un receptor de residuos y desechos de toda clase, producto tanto de la actividad productiva como consuntiva de la sociedad. Hasta cierto límite, y gracias a su capacidad de asimilación, puede absorber estos residuos (que de esta manera son liberados al medio ambiente sin costo), y transformarlos en sustancias inocuas o, incluso, beneficiosas: es el caso de algunos fertilizantes orgánicos.
3. Proporciona, en tercer lugar, bienes naturales (paisaje, parques, entornos naturales, etc.), cuyos servicios son demandados por la sociedad. Entra a formar parte, pues, de la función de producción de utilidad de las economías domésticas.
4. Finalmente, constituye un sistema integrado que proporciona los medios para sostener toda clase de vida.

### **5.3. VALORES DE LOS RECURSOS NATURALES**

Los economistas ambientales han avanzado hacia una taxonomía de valores relacionados con los recursos naturales y ambientales. De este modo, existe un acuerdo generalizado acerca de que los servicios derivados de los recursos naturales pueden ser clasificados en *valores de uso* y *no uso*.

---

<sup>30</sup> PEARCE, D.: Environmental Economics. Longman, Londres, 1976., p. 59.

**5.3.1. Los valores de uso.** También conocidos como “valores de uso en el sitio” (Blomquist y Whitehead, 1995)<sup>31</sup>, se componen de todas las formas actuales, directas o indirectas, en las que un agente espera hacer uso físico de un recurso natural. Esta clase de valores se puede dividir en valores de uso directo e indirecto y para otros autores también cabe valores de opción, como es el caso de Echavarría (1999)<sup>32</sup>. Aunque otros autores catalogan el valor de opción, como valores de no-uso, como Azqueta (1994)<sup>33</sup> y Romo (1999)<sup>34</sup>.

- **Los valores de uso directo.** “Son los bienes o servicios que pueden ser consumidos directamente, por ejemplo, los beneficios derivados del consumo del agua en determinada zona” (Romo, 1999)<sup>35</sup>.

- **Los valores de uso indirecto.** “Son esencialmente las funciones ecológicas proveídas por los recursos” (Munashininghe y Lutz 1993)<sup>36</sup>. “También, quienes disfrutan de la lectura de un libro en un parque natural; o con la contemplación de unas fotos, una película o de un programa de televisión sobre un parque natural. Es lo que Boyle y Boshop denomina el uso indirecto y Randall y Stoll el uso delegado o vicario del bien” (Freeman, 1990, citado por Azqueta, 1994)<sup>37</sup>. El *valor vicario* es el que se deriva de conocer que otros individuos pueden actualmente hacer uso del recurso.

- **El valor de opción.** Es aquel que el individuo obtiene de saber que el recurso natural estará disponible para ser usado en el futuro de otra forma en la que esta siendo utilizada actualmente.

**5.3.2. Los valores de no uso.** “No significan valores sin uso. Esto se refiere a que en la realidad no se hace un uso físico del recurso, aunque sí se hace uso de los servicios proveídos por el recurso. El individuo valora el recurso, aún cuando él mismo nunca lo

---

<sup>31</sup> **BLOMQUIST G.C., y J.C. WHITEHEAD**, Existence Value, Contingent Valuation, and Natural Resources Damages Assesment. Growth and Change. 1995., p. 112.

<sup>32</sup> **ECHAVARRÍA, M.:** Manual de Capacitación: Agua valorización de un servicio ambiental. The Nature Conservancy. Chile, 1999., p. 51

<sup>33</sup> **AZQUETA. D.** 1994. Op. Cit., p. 41

<sup>34</sup> **ROMO. J.** 1999. Op. Cit., p. 12

<sup>35</sup> **ROMO. J.** Ibíd., p. 13

<sup>36</sup> **MUNASHNINGHE, M, Y LUTZ E.** Environment Economics and Valuation in Development Decision Making. Environmental Economics and Natural Resource Management in Developing Countries. Committee of International Development Institutions on the Environment, 1993., p. 71.

<sup>37</sup> **AZQUETA. D.** 1994. Op. Cit., p. 43.

use" (McCollum *et al.*, 1992)<sup>38</sup>. El concepto de valor de no uso comprende *valor de existencia* y para otros autores comprende también el *valor de opción* y el *valor de herencia*.

- **Valor de existencia.** “Comprende a un grupo de personas que pueden considerarse afectadas por lo que ocurra con un bien ambiental, es el de aquellas no lo utilizan directa ni indirectamente (no son pues usuarios del mismo), ni piensan hacerlo en el futuro, pero que valoran positivamente el simple hecho de que el bien exista. Su desaparición, por tanto, supondría para ellas una pérdida de bienestar” (Azqueta, 1994)<sup>39</sup>.
- **El valor de herencia.** “Se refiere al valor de saber que las generaciones futuras podrán gozar el recurso” (Romo, 1999)<sup>40</sup>.
- **Valor inherente.** Es el que se deriva de saber que el recurso existe, ya sea como valor de uso o de no uso. Algunos de los economistas frecuentemente usan el término de “existencia” o “fuera de sitio” para referirse a los beneficios de no uso (Bishop y Walsh, 1985)<sup>41</sup>; (Mitchell y Carson, 1989)<sup>42</sup>.

Para el caso del agua, los valores económicos de los servicios ambientales que el recurso agua proporciona, a partir de sus usos están plasmados en la figura 4.

---

<sup>38</sup> **MCCOLLUM, D.W., G. PETERSON, Y S.S. SWANSON:** A Managers Guide to the Valuation of Nonmarket Resources in Alaska. Valuing Wildlife Resources in Alaska. Social Behavior and Natural Resources Series. Westview, Boulder, Colorado 1992., p. 36

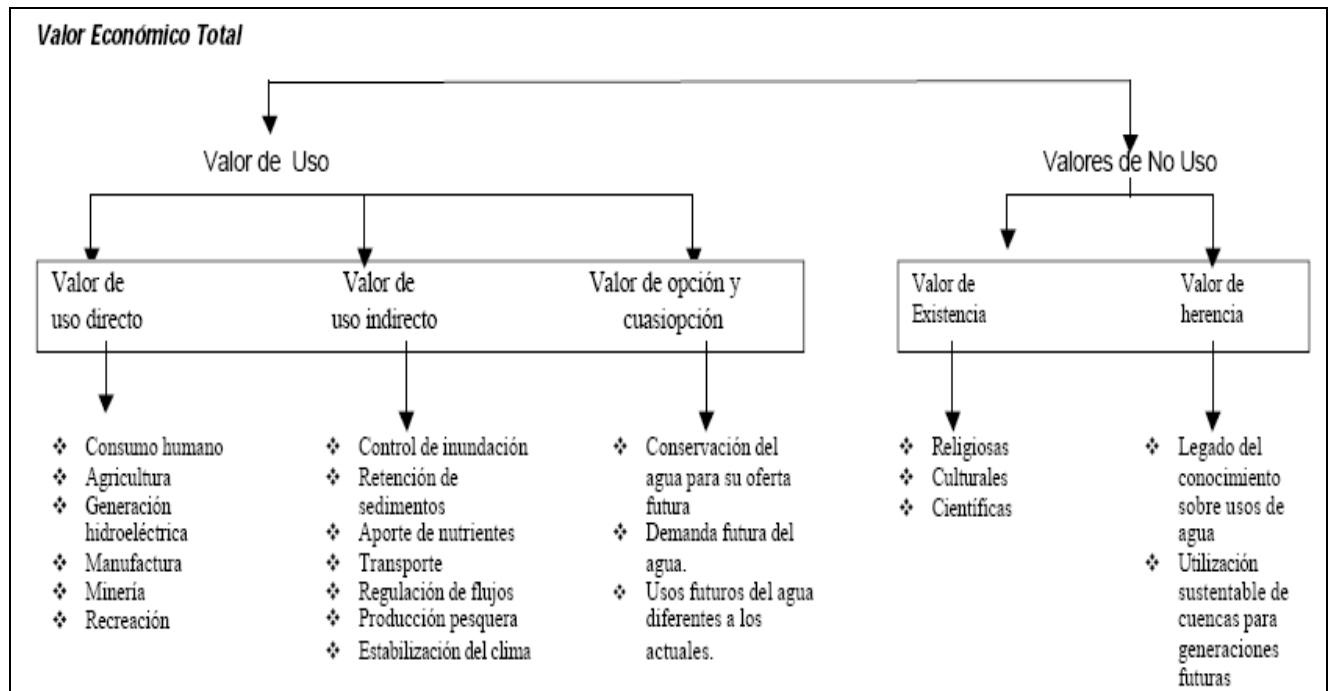
<sup>39</sup> **AZQUETA, D.** 1994. Op. Cit., p. 44.

<sup>40</sup> **ROMO, J.** 1999. Op. Cit., p. 12.

<sup>41</sup> **BISHOP Y M.P. WALSH.:** Starting Point Bias in Contingent Valuation Bidding Games. Land Economics, 1985., p. 50

<sup>42</sup> **MITCHELL, R.C., Y R.T. CARSON.:** Using Surveys to Value Public Goods. The Contingent Valuation Method. Washington D.C., Resources for the Future. 1989., p. 31.

**Figura 4. Valor Total del Agua**



**Fuente:** Adaptado de: The Nature Conservancy: 1999, Manual de Capacitación: Agua valorización de un servicio ambiental, elaborado por Marta Echavarría, 1999., p. 19.

#### 5.4. TEOREMA DE COASE

Aceptando pues que el medio ambiente tiene ciertamente valor desde una perspectiva estrictamente económica, el siguiente paso es intentar descubrirlo. Son muchas las dificultades que representa lograr encontrar este valor, sin embargo existe la idea creciente sobre los *derechos de propiedad*. Este concepto busca crear un mercado en el que los bienes ambientales fueran objeto de compra-venta, facilitando en gran parte las dificultades que representa valorar el medio ambiente. En este caso el mercado se encargaría de poner el precio. Muchos recursos naturales y bienes ambientales carecen de precio, porque no se ha formado espontáneamente un mercado alrededor de ellos, en el que sean objeto de transacción. La razón que logra sustentar esta *falla de mercado* es el “teorema de Coase”. Este plantea, que la falta de mercado para los bienes y servicios ambientales, es causado por la ausencia de unos derechos de propiedad bien definidos y protegidos. En este orden de ideas bastaría con definir estos derechos de propiedad a favor de alguien, para que el problema se resolviera, porque la persona con los derechos de propiedad se encargaría de cobrar un precio correspondiente. Esta lanza a favor de la privatización del medio ambiente, es derrumbada por tres razones de peso que nombra Azqueta, las cuales no entraremos a detallar, porque no es el centro de investigación del este trabajo, aunque es un punto importante a tener muy en cuenta.

Con independencia, por tanto, de la validez del Teorema de Coase, no es de esperar que la institucionalización de unos derechos de propiedad sobre el medio ambiente, y la consiguiente creación de un mercado en el que intercambiar sus servicios, resuelva el problema. Lo que nos sitúa en el punto de partida: en la necesidad de valorar estos servicios, para poder actuar en consecuencia.

## 5.5. VALORACIÓN ECONOMICA DEL MEDIO AMBIENTE

Valorar económicamente el medio ambiente significa poder contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad, que permita compararlo con otros componentes del mismo. Por tanto, lo normal será utilizar para ello un denominador común, que ayude a sopesar unas cosas y otras y que, en general, no es otro que el dinero. Argumentar así, sin embargo, supone incurrir en una confusión de conceptos: valoración *monetaria* no quiere decir valoración de *mercado*. Supone, como decimos, la elección de un denominador común (ni siquiera de un numerario), que se considera conveniente, para reflejar cambios heterogéneos en el bienestar de la sociedad, que es lo que realmente cuenta (Azqueta, 1994)<sup>43</sup>.

La naturaleza y el medio ambiente pueden tener un valor determinado, dependiendo del contexto cultural, del pensamiento de las personas, en fin, pueden existir muchas opiniones o puntos de vista que dan valor al medio ambiente. Este hecho se puede resumir en dos grandes tipos de pensamiento, sobre el valor de la naturaleza.

1. “La naturaleza no humana tiene un valor intrínseco, inherente, y posee, por tanto, derechos morales y naturales” (Pearce y Turner, 1990)<sup>44</sup>. Es decir el medio ambiente no necesita de nada ni de nadie que le otorgue valor. Ella tiene valor en sí misma.
2. El otro punto de vista, encontramos la ética antropocéntrica, donde lo que confiere valor a las cosas, incluido el medio ambiente, es su relación con el ser humano, es decir, que el ser humano, es el que da valor a la naturaleza, a los recursos naturales y al medio ambiente.

Este último, es el planteamiento que comparte la metodología de este trabajo, para que de esta forma, se pueda buscar una solución al problema. Sin negar las dificultades que ello implica. Sin negar tampoco el valor propio de la naturaleza. En efecto, se trata de

---

<sup>43</sup> AZQUETA, D. 1994. Op. Cit., p. 16.

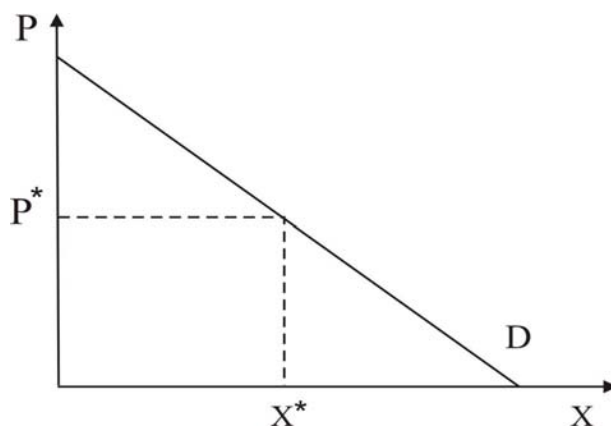
<sup>44</sup> PEARCE, D.W Y TURNER, R.K.: Economics of Natural Resources and the Environment. Harvester, Londres, 1990., p. 44.

valorar lo que supone para el bienestar de la persona, contar con un medio más atractivo y limpio.

Para valorar económicamente y monetizar las modificaciones que se producen en el bienestar de una persona al cambiar la calidad del medio ambiente, de forma tal que se facilite la comparación con cambios producidos por cualquier otro motivo, existen unas herramientas que nos conducen a monetizar los cambios en el bienestar. Para el caso de este estudio, en particular se empleara el método de Los Costos Evitados o Inducidos. Pero antes de adentrarnos a la conceptualización de esta herramienta de medición, resulta conveniente conocer en primera instancia la curva o función de la “demanda” y otros conceptos teóricos importantes para la comprensión del funcionamiento de la economía ambiental. La función de demanda se presenta en la Figura 5.

**5.5.1. Función de la demanda.** Esta función relaciona las cantidades demandadas de un determinado bien con los precios que una persona está dispuesta a pagar por esas cantidades.

**Figura 5. La función de demanda**



**Fuente:** BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.: Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Bogotá, 2003., p. 17.

En el eje horizontal se representan las cantidades demandadas, y en el vertical el precio. A cada nivel de demanda por el bien le corresponde un precio. En la gráfica se observa que entre más alto sea el precio, menor es la cantidad demandada: la cantidad demandada de un bien varía inversamente con su precio. “Esta curva de la demanda resulta muy práctica para aproximarse gráficamente a lo que en economía se conoce como *el bienestar del*

consumidor” (Botero et al, 2003)<sup>45</sup>. Obsérvese que en la grafica anterior supone cierto nivel de racionalidad del consumidor. Particularmente se supone que en la medida en que el consumidor aumenta su consumo del bien X, su nivel de bienestar es mayor (“mas es mejor”; el consumidor no se saturaría del bien). Como consecuencia, está dispuesto a pagar una suma positiva por la cantidad consumida. Por supuesto, esta disposición tiene un límite. Existe un nivel de consumo máximo (dados los ingresos y la cantidad demandada, gusto del consumidor y precio del bien demandado) donde el consumidor ya no estará dispuesto a pagar más por mayor consumo del bien.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que el cambio en el bienestar debido al consumo de una unidad adicional del bien X decrece cada vez que el nivel de consumo de X se incrementa. Al consumir las primeras unidades del bien, se satisfacen unas necesidades muy básicas y, como consecuencia, el consumidor está en capacidad de pagar un valor unitario relativamente alto. Luego, en la medida en que se gasten más unidades, las necesidades satisfechas son cada vez menos básicas. Como resultado, el consumidor está dispuesto a pagar un valor unitario menor. Este concepto se denomina “*La Ley de la Utilidad Marginal Decreciente*”.

Del anterior comentario, un punto que requiere un comentario particular es la intensidad de la curva de la demanda. En realidad, “la inclinación de la curva de demanda depende de la pendiente de la curva, que a su vez está relacionada con la elasticidad precio de la demanda, la cual se define como el cambio a nivel proporcional de la cantidad demandada ante cambios proporcionales en el precio. Así mismo, teniendo en cuenta que la curva de demanda representa la relación funcional entre la cantidad consumida (q) y el precio del bien (P), la inclinación de la relación funcional va a depender respectivamente de la pendiente y esto a su vez, determina la elasticidad” (Botero et al, 2003)<sup>46</sup>. Por consiguiente, si se tiene información de la elasticidad precio de la demanda se puede extrapolar datos de la inclinación de la curva de la demanda.

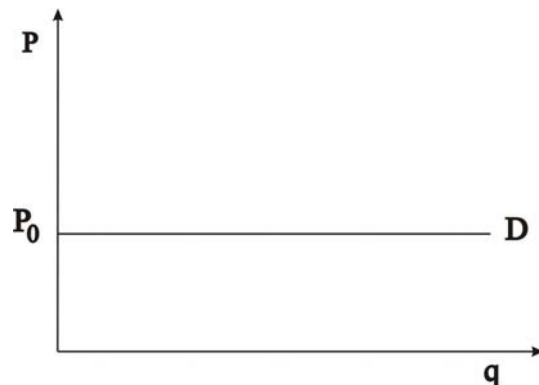
Para nuestro caso en particular, no se conoce la elasticidad precio de la demanda, por consiguiente se trabajara con una curva de demanda totalmente elástica, como la que se representa en la Figura 6. Este tipo de curva implica que ante un cambio en los precios, la cantidad variaría mucho más que proporcionalmente.

---

<sup>45</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit., p. 20.

<sup>46</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. Ibíd., p. 21.

**Figura 6. Demanda inelástica**



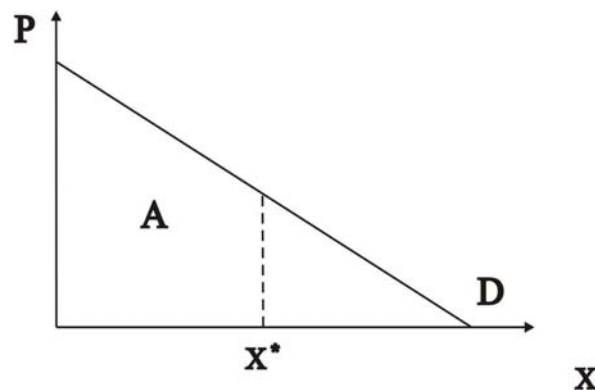
**Fuente:** BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.: Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Bogotá, 2003., p. 19.

La Figura 7, que presenta la función de la demanda, permite introducir algunos conceptos útiles que sirven para medir y monetizar los cambios en el bienestar del consumidor.

Estos conceptos son:

- Disponibilidad total a pagar.
- Disponibilidad marginal a pagar.
- Excedente del consumidor.
- Variación compensatoria.
- Variación equivalente.
- Excedente compensatorio.
- Excedente equivalente.

**Figura 7. Función de Demanda (Disponibilidad Total a Pagar)**



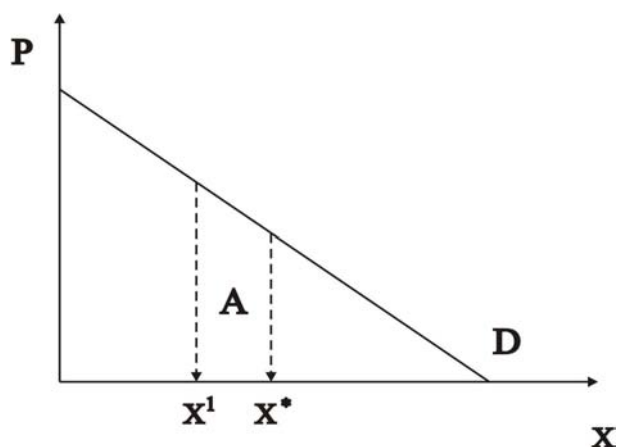
6. **Fuente:** BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.: Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Bogotá, 2003., p. 20.



**6.1.1. Disponibilidad total a pagar.** La disponibilidad total a pagar es “la cantidad de dinero que un consumidor estará dispuesto a pagar por una determinada cantidad de un bien. En la Figura 7, la disponibilidad total a pagar por un nivel de consumo  $X^*$  correspondería al área A. Esta es el área que resulta de integrar, todas las disponibilidades a pagar entre 0 y  $X^*$  unidades del bien” (Botero et, al, 2003)<sup>47</sup>.

**6.1.2. Disponibilidad marginal a pagar.** La disponibilidad marginal a pagar es un concepto que se deriva del de la Disponibilidad total a pagar. “Representa la cantidad de dinero que un individuo está dispuesto a pagar por una unidad adicional de un bien. Entre mayor sea la cantidad de un individuo demanda de un bien, menor será la disponibilidad marginal a pagar por una unidad adicional de ese bien” (Botero et, al, 2003)<sup>48</sup>. Por ejemplo, una persona con hambre entra a una hamburguesería y seguramente estará dispuesta a pagar una suma relativamente alta de dinero por la primera hamburguesa. Dado que después de consumir esa primera hamburguesa sigue con hambre, entonces posiblemente querrá comerse otra. Sin embargo, esa segunda le generaría menos satisfacción que la primera. Por lo tanto su disponibilidad a pagar por esta sería menor, y así sucesivamente. Llegará un punto, después de haberse comido, digamos cinco hamburguesas, que esa persona no estaría dispuesta a pagar nada por una hamburguesa adicional. Entonces la disponibilidad marginal a pagar por esa unidad adicional será igual a cero. En la Figura 8 la disponibilidad marginal a pagar, entre  $X^1$  y  $X^*$ , correspondería al área A.

**Figura 8. Disponibilidad marginal a pagar.**



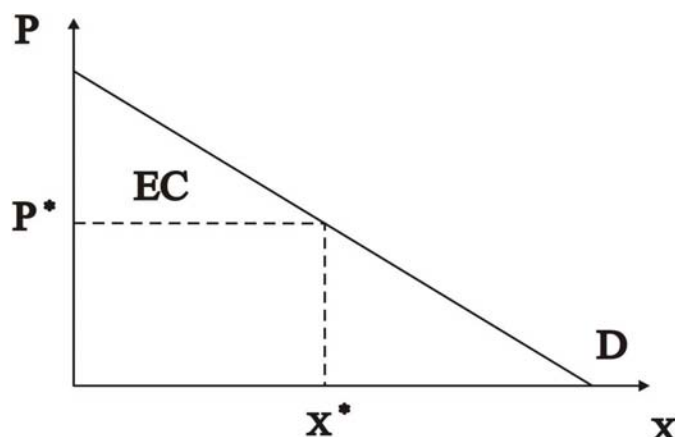
**Fuente:** BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.: Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Bogotá, 2003., p. 22.

<sup>47</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit., p. 22.

<sup>48</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Ibíd., p. 22

**1.1.1. Excedente del consumidor.** El excedente del consumidor podría utilizarse para medir el cambio producido por la modificación que ello supone en el excedente neto del consumidor. Este excedente representa las ganancias netas que obtiene un consumidor al hacer una transacción en el mercado. Corresponde a la diferencia entre la disponibilidad total a pagar por un nivel dado de consumo, y lo que efectivamente se paga por él. “Dado que lo pagado por el consumidor corresponde al producto del precio por la cantidad del bien que se adquiere ( $P^* \times X^*$  en la Figura 5), y que su disponibilidad total a pagar corresponde al área A de la Figura 9, entonces el excedente del consumidor está representado en la Figura 9, por el área Ec que está limitada por la curva de demanda y por la recta de precio” (Botero et, al, 2003)<sup>49</sup>.

**Figura 9. Excedente del Consumidor (Ec)**



**Fuente:** BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.: Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Bogotá, 2003., p. 23.

Para definir otros conceptos que miden los cambios en el bienestar de un individuo, como la Variación compensatoria y la Variación equivalente es necesario conocer más a fondo la teoría microeconómica de la demanda. Es necesario por lo tanto introducir el concepto de demanda marshalliana, el de la demanda hicksiana.

**1.1.2. Demanda marshalliana.** La demanda marshalliana, o demanda observable es de la que hemos venido tratando en el trabajo y que está representada en las graficas anteriores de función de demanda. “Esta función que relaciona las cantidades demandadas con los precios de los bienes, dado un nivel constante de ingreso. Se trata de una función totalmente observable, es decir, es medible, porque tanto el consumo, como

<sup>49</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit., p. 24.

el precio, y el ingreso se pueden medir, y por lo tanto se pueden expresar y relacionar cuantitativamente unos con otros (Botero et, al, 2003)<sup>50</sup>.

**1.1.3. Demanda hicksiana.** Por otro lado la demanda hicksiana “tiene un argumento que no es observable: la utilidad. Se dice que este argumento es no observable porque no se puede medir: la utilidad es un concepto que se relaciona con el gusto, la satisfacción o el placer que el consumidor de un bien -mercadeable o no- genera. El hecho de que la utilidad que experimentan las personas como consecuencia de un cambio económico -por ejemplo un cambio de precios, dado un mejoramiento en la calidad del agua- que no sea observable, no sea medible, tiene importantes consecuencias a la hora de evaluar los efectos de políticas y proyectos. Esas consecuencias tienen que ver principalmente con la equidad de esas políticas y proyectos: no se puede saber si un cambio en la economía genera más o menos utilidad a una persona que a otra, y mucho menos se puede saber la dimensión cuantitativa de la diferencia (Botero et, al, 2003)<sup>51</sup>. Por ejemplo, un cambio relacionado con el mejoramiento de la calidad del aire en una ciudad, genera utilidad tanto a los ciudadanos de altos ingresos como a los de bajos ingresos. Pero ese cambio de la calidad del aire, ¿les genera la misma utilidad a todos los ciudadanos? ¿A quién le generaría más utilidad y a quién menos? ¿Cuánto más y cuánto menos?

Dado que la utilidad no es medible entonces no existe respuesta a esas preguntas. Ante esta limitante bastante importante, no existe otra salida más defendible que suponer que todos los ciudadanos perciben la misma utilidad por el cambio. De aquí en adelante es necesario mostrar algunos aspectos de la Economía del Bienestar.

**1.1.4. Economía del bienestar.** “Uno de los problemas más comunes de la economía, es buscar la forma de asignar los recursos escasos entre sus mejores usos alternativos. Distribuir los insumos y factores productivos para la producción del bien; distribuir los bienes y servicios entre los consumidores, etc., es el problema central de la ciencia económica y constituye la justificación básica de la evaluación de proyectos” (Castro et, al, 1994)<sup>52</sup>.

“Este problema ha llevado en el fondo a plantear aspectos relacionados con la escogencia entre alternativas de utilización de recursos por parte de la sociedad. Este tema central de la teoría económica ha sido tratado en la Economía del Bienestar. Dicha disciplina trata de dar recomendaciones de criterios para resolver problemas de la mejor asignación de recursos escasos, y de investigar las bases estructurales de las recomendaciones de política económica” (Castro et, al, 1994)<sup>53</sup>.

---

<sup>50</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit., p. 24.

<sup>51</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. Ibid., p. 25

<sup>52</sup> CASTRO. R., MOKATE, K.M.: Evaluación Económica de Proyectos de Inversión. Facultad de Economía, Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, 1994. 25 p.

<sup>53</sup> CASTRO. R., MOKATE, K.M. 1994. Op. Cit., p. 22.

“Dentro de la economía del bienestar, existe una rama especializada denominada Economía del Bienestar Aplicada, que tiene que ver con el anterior problema y que consiste en la cuantificación o mediciones de los beneficios y costos de las diferentes alternativas de asignación de recursos. La evaluación económica y social (o análisis costo-beneficio) son herramientas de la economía de bienestar aplicada” (Castro et, al, 1994)<sup>54</sup>.

“El meollo del análisis costo-beneficio consiste en determinar si una acción o política mejora el bienestar de la comunidad como un todo. Como consecuencia, el enfoque de la disciplina ha sido el de definir y aplicar criterios para juzgar y medir el bienestar. Es importante aclarar que encontrar un criterio universalmente aceptado y unificado por juzgar el bienestar es, de por sí, prácticamente imposible, dadas las características del problema: la acción A afecta a algunos mejorándolos y, a otros perjudicándolos. La medición de un efecto neto obliga al analista a sumar mejoras en el bienestar con reducciones en el bienestar” (Castro et, al, 1994)<sup>55</sup>.

A continuación se mostrará el acercamiento que presenta la teoría económica a este problema de sumar los efectos del bienestar de diferentes individuos.

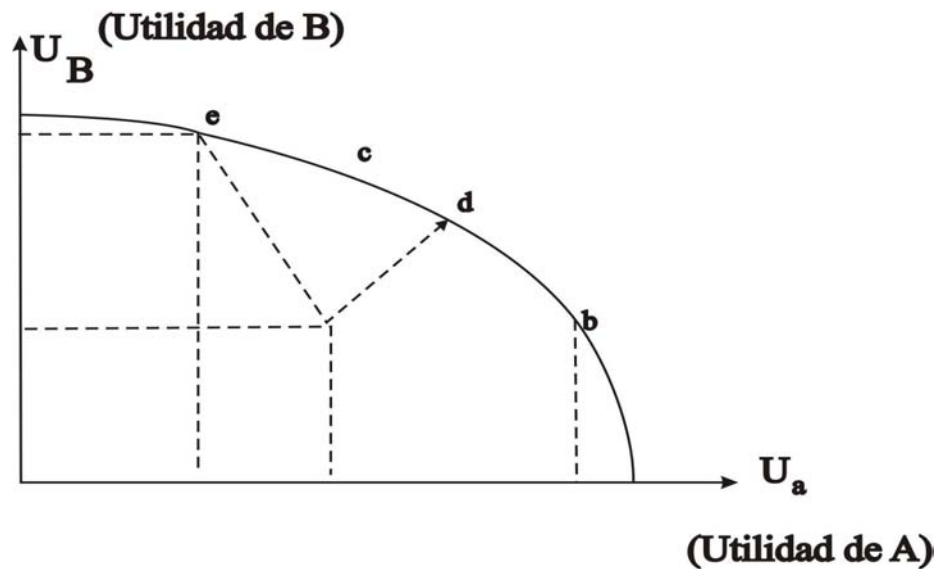
Supongamos por simplificar, que la sociedad está compuesta por dos individuos, A y B. se representan las utilidades de estos individuos en un plano cartesiano en la Figura 10, en la que se incluye una curva que exprese el máximo bienestar de un individuo dado el bienestar del otro.

#### **Figura 10. Utilidad de los Individuos**

---

<sup>54</sup> CASTRO. R., MOKATE, K.M. *Ibíd.*, p. 23.

<sup>55</sup> CASTRO. R., MOKATE, K.M. *Ibíd.*, p. 24.



**Fuente:** CASTRO. R., MOKATE, K.M.: Evaluación Económica de Proyectos de Inversión. Facultad de Economía, Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, 1994. 25 p.

Es claro que un cambio hacia la derecha del punto *a* a *b* representa una mejora en el nivel de bienestar del individuo A, pues la utilidad obtenida en el punto *b* es mayor que la obtenida en *a*. Así mismo, un movimiento hacia arriba como, por ejemplo, del punto *a* al punto *c* representa una mejoría en el nivel de bienestar del individuo B.

Así una política o acción (proyecto) que nos traslade del punto *a* a los puntos *b*, *d*, ó *c* es una mejora en el bienestar general, pues alguno de los individuos mejora su nivel de bienestar sin perjudicar al otro. En estos movimientos se fundamenta el criterio de Pareto: “Cualquier cambio que no perjudique a alguien y coloque a algunas personas en mejor posición (con su propia estimación) debe considerarse como una mejoría para la economía”.

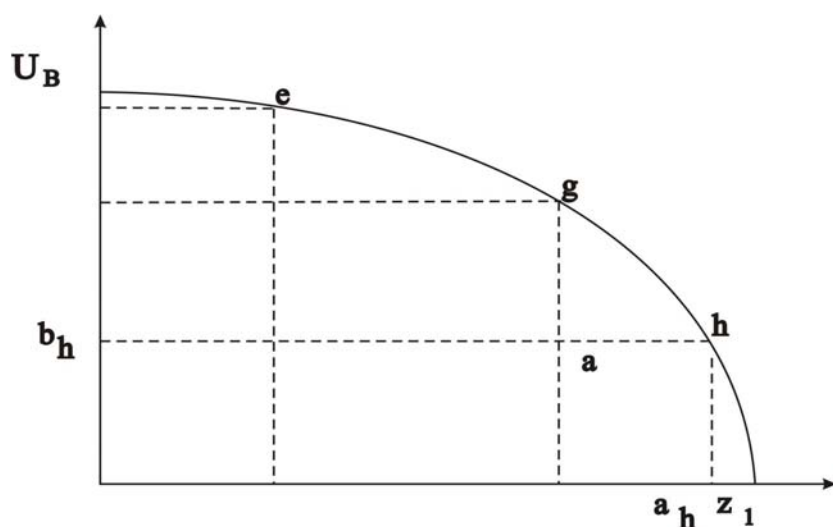
“No obstante, este criterio no resuelve el problema de analizar el movimiento del *a* al punto *e*, pues es claro que la utilidad de A disminuye y la de B aumenta; por tanto, el cambio representa una mejoría para unos y un empeoramiento para otros” (Castro et, al, 1994)<sup>56</sup>.

**1.1.5. Criterio Kaldor-Hicks.** “Con el fin de resolver este problema, N. Kaldor y J.R. Hicks propusieron un criterio de compensación que permitiera dar un juicio sobre el cambio de *a* a *e*. Este criterio convencionalmente se denomina el criterio Kaldor-Hicks. Para explicarlo, se representara en la Figura 11, donde se introduce una

<sup>56</sup> CASTRO. R., MOKATE, K.M. 1994. Op. Cit., p. 26.

herramienta llamada la Curva de Posibilidades de Utilidad. De esta forma,  $zz_1$  (Frontera de posibilidades de utilidad) es el lugar geométrico de todas las combinaciones factibles de los niveles de utilidad de los individuos A y B. es decir, son puntos que reflejan niveles de utilidad de A y B máximos dado un determinado escenario económico. De esta forma para pasar de  $h$  a un punto como  $g$  o  $e$ , es necesario redistribuir los ingresos de los dos individuos, con el fin de mantener sobre la frontera de posibilidades de utilidad” (Castro et, al, 1994)<sup>57</sup>.

**Figura 11. Curva de Posibilidades de Utilidad**



**Fuente:** CASTRO. R., MOKATE, K.M.: Evaluación Económica de Proyectos de Inversión. Facultad de Economía, Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, 1994. 32 p.

Si la acción política nos conduce de  $a$  a  $e$  es claro que el individuo A pierde y que B gana, pero también es cierto que la sociedad en su conjunto está mejor en  $e$  que en  $a$ , pues desde el punto  $e$  se puede lograr puntos tales como  $g$  (que están sobre la misma curva de posibilidades de utilidad) mediante la distribución del ingreso. El punto  $g$  es claramente mejor que  $a$ , pues el individuo B está mejor en  $g$  que en  $a$ , y el individuo A no sufre ningún cambio. Por tanto el individuo B podría compensar potencialmente la pérdida sufrida por el individuo A, por moverse de  $a$  a  $e$ , y generar un impacto en que nadie pierda (Castro et, al, 1994)<sup>58</sup>.

<sup>57</sup> CASTRO. R., MOKATE, K.M. 1994. Op. Cit., p. 31.

<sup>58</sup> CASTRO. R., MOKATE, K.M. Ibíd., p. 31.

De esta forma, según el criterio de Hicks-Kaldor, hay una mejora en el bienestar de la sociedad a causa de una acción si: “es posible que los ganadores compensen potencialmente a los perdedores y si los perdedores con esta compensación están por lo menos como estaban antes y aún haya una ganancia potencial para la sociedad”. Este criterio nos permite definir mejoras en el bienestar, sin embargo, deja una dificultad práctica que habrá que resolver, para la aplicación del análisis: ¿cómo se mide el bienestar? ¿En qué unidades se cuantifica?

**1.1.6. La variación compensatoria (Vc) y la variación equivalente (Ve).** Las medidas del bienestar utilizadas para conocer los cambios en la utilidad percibidos por los individuos como resultado del desarrollo de un proyecto o política son La Variación compensatoria (Vc) y La Variación equivalente (Ve). “Esta son medidas estimadas mediante la utilización de las curvas de la demanda hicksiana que como ya se dijo tienen un argumento no observable: la utilidad” (Botero et, al, 2003)<sup>59</sup>.

“La función de demanda hicksiana es entonces una función que relaciona las cantidades demandadas con los precios de los bienes, para un nivel de utilidad constante. Puesto que el gusto y el placer que un nivel de consumo genera no se puede medir de manera absoluta y cuantitativa, se dice que este argumento no es observable. Sin embargo, debe tenerse presente que aunque la utilidad no es cuantificable, en todo caso si se puede ordenar. Es decir, una persona puede ordenar sus preferencias de acuerdo con la utilidad, o el gusto que ellas le generan” (Botero et, al, 2003)<sup>60</sup>.

Bajo la función de demanda marshalliana se mide, como se hizo en la Figura 9, el excedente del consumidor. Igualmente, con la función de demanda hicksiana se miden la variación compensatoria y la variación equivalente como se muestra en la Figura 12. En esta gráfica se representan la demanda marshalliana  $X^M(P, m)$  para el bien X, y dos demandas hicksiana. Una para un nivel de utilidad inicial ( $U^0$ ) y otra para un nivel de utilidad ( $U^1$ ). Como se puede observar en la Figura 12, las pendientes de las dos funciones de demanda hicksiana son mayores que la pendiente de la función de demanda Marshalliana, son mas inclinadas. Es decir, “un cambio unitario en el precio tendría un menor impacto sobre las cantidades consumidas en el caso de la demanda hicksiana que en el caso de la demanda marshalliana. Esto se debe a que la función de demanda hicksiana sólo captura el efecto del precio sobre las cantidades consumidas, mientras que la función de demanda marshalliana captura tanto el efecto del precio sobre la demanda,

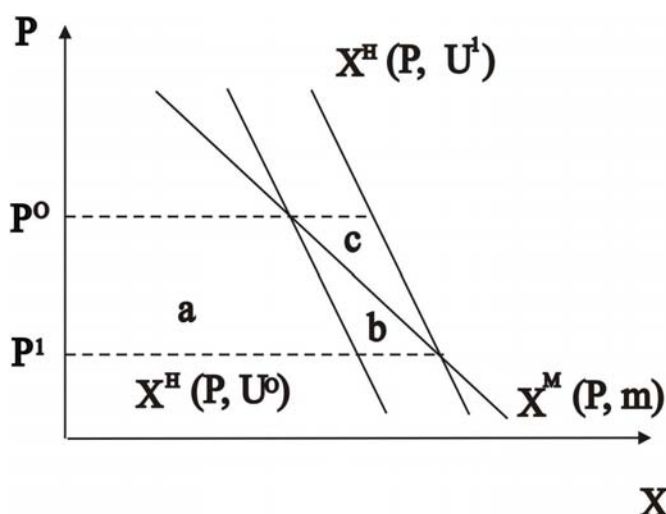
<sup>59</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit., p. 29.

<sup>60</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. Ibíd., p. 30.

como el del ingreso. Por lo tanto, un cambio en el precio tiene un efecto mayor sobre el consumo cuando el ingreso también lo afecta” (Botero et, al, 2003)<sup>61</sup>.

Inicialmente consideremos la demanda marshalliana  $X^M(P, m)$  y la hicksiana de utilidad inicial  $X^H(P, U^0)$  a un precio igual a  $P^0$ . Si se presentara una disminución en el precio desde  $P^0$  hasta  $P^1$ , entonces el consumidor podría, con el mismo ingreso y el nuevo precio, comprar más unidades del bien. Esto le generaría un mayor nivel de utilidad. “Este nuevo nivel de utilidad se representa por una nueva función de demanda hicksiana,  $X^H(P, U^1)$ . Este cambio en el precio conduce a una ganancia para el consumidor, él alcanza un nuevo nivel de utilidad y ese cambio representa un cambio positivo en su bienestar” (Botero et, al, 2003)<sup>62</sup>.

**Figura 12. Variación Compensatoria (Vc) y Variación Equivalente (Ve)**



**Fuente:** BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.: Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Bogotá, 2003., p. 33.

A partir de este cambio se puede entrar a definir las siguientes medidas de bienestar: variación compensatoria (Vc) y variación equivalente (Ve). En la Figura 12 se puede visualizar el cambio en el excedente del consumidor que ocurre cuando los precios bajan de  $P^0$  a  $P^1$ . Este cambio se asocia con la función de demanda marshalliana  $X^M(P, m)$ . En este caso la función entre las cantidades consumidas y el precio se da a un nivel constante de ingreso. Esta medida correspondería al área a+b en la Figura 12. Esta variación en el

<sup>61</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit., p. 31.

<sup>62</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Ibíd., p. 31.



excedente del consumidor representa una aproximación de la ganancia en bienestar del individuo por consumir las nuevas cantidades del bien, como consecuencia de la baja en el precio.

De acuerdo a lo anterior, la variación compensatoria corresponde a la máxima cantidad de dinero que un individuo está dispuesta pagar o la mínima cantidad de dinero que un individuo está dispuesto a aceptar, para mantener su nivel inicial utilidad después de acceder a un cambio económico que lo favorece o para evitar uno que lo desfavorezca, respectivamente. Se propone cuando se quiere evaluar el efecto sobre el bienestar que resulta de un cambio económico, manteniendo el nivel de utilidad constante ( $U^0$ ). Si se toma como referencia la curva de la demanda hicksiana, al nivel de utilidad inicial  $X^H(P, U^0)$ , entonces en la Figura 12, La  $V_c$  correspondería al área a. “Esta es el área que resulta de restar el excedente del consumidor, cuando el precio es  $P^1$ , del excedente del consumidor, cuando el precio es  $P^0$  -tomando como referencia la curva de demanda hicksiana, al nivel de utilidad inicial  $X^H(P, U^0)$ ”-(Botero et, al, 2003)<sup>63</sup>.

Para mayor entendimiento coloquemos un ejemplo: supongamos que la administración pública de una localidad está analizando la viabilidad de un plan que haga potable el agua distribuida en el municipio. Se sabe que la potabilización del agua aumenta el bienestar de sus habitantes, pero se quiere precisar cuánto, de forma que se pueda tener una aproximación monetaria de estos beneficios, comparable con los costos de construcción y financiamiento de una planta de tratamiento.

Este ejemplo puede plantearse con ayuda de la Figura 13. Aceptemos que las preferencias de las personas pueden representarse mediante las curvas de indiferencia. En la Figura 13 tenemos representado el ejemplo. En el eje horizontal medimos la cantidad consumida de agua potable  $X$ ; en el eje vertical, la cantidad consumida de todos los demás bienes  $Y$ , medidas en términos de un numerario (unidades monetarias de utilidad constante). Dada la restricción presupuestaria de la persona, y el precio relativo del agua potable con respecto al resto de los bienes, representado por la pendiente  $V_0V_0$  ( $\alpha$ ) la persona se sitúa en el punto A, alcanzando el nivel de bienestar representado por la curva de indiferencia  $I^0$ .

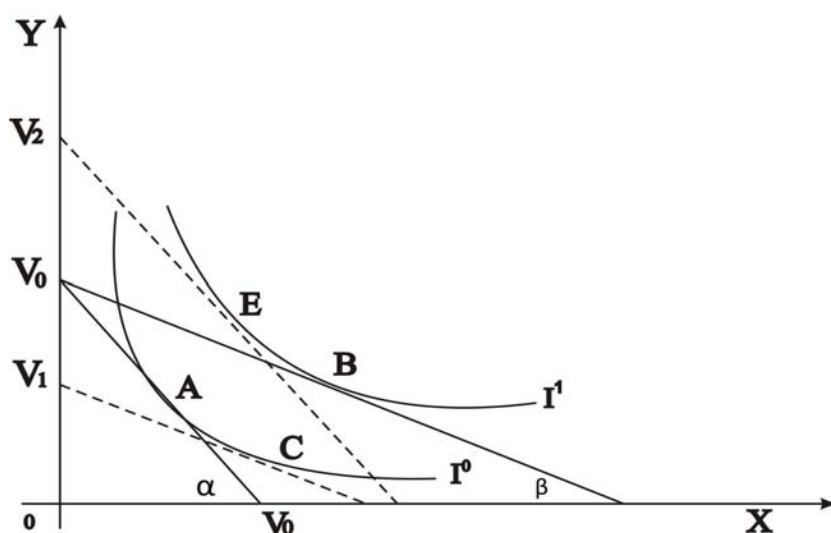
El abastecimiento municipal de agua potable abarata el precio de la misma, con lo que la recta de restricción presupuestaria pivota alrededor del punto  $V_0$  en el eje vertical (que mide el poder adquisitivo en términos del numerario), en sentido contrario al de las manecillas del reloj: la pendiente de dicha recta mide los precios relativos del agua potable con respecto a los demás bienes, que ahora pasan a ser  $\beta$ . En la nueva situación

---

<sup>63</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit., p. 36.

pues, la persona se sitúa en el punto B, alcanzando el nivel de bienestar representado por la curva de indiferencia  $I^1$ . “Para medir esta mejora en el bienestar en términos monetarios, una posibilidad consiste, en preguntar a las personas sobre su máxima disponibilidad a pagar por acceder a la potabilización del agua que, restada de la renta de la persona ante los nuevos precios del agua, le permitiría mantener inalterable su nivel de bienestar inicial ( $I^0$ ). Esta sería la cantidad  $V_0V_1$ : la variación compensatoria” (Azqueta, 1994)<sup>64</sup>.

**Figura 13. Medición del cambio en el bienestar.**



**Fuente:** AZQUETA, Diego. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. España: Mc Graw Hill, 1994., p. 41.

Al contrario de La  $V_c$ , se encuentra La  $V_e$ , que se utiliza para el caso de un cambio que genera desmejoramiento, se le podría preguntar a un individuo sobre la mínima suma de dinero que estaría dispuesto a aceptar como compensación por el cambio negativo. Volviendo al ejemplo de la potabilización del agua, podríamos preguntar a las personas por la cantidad de dinero que tendría que dársele para que alcanzara el mismo nivel de bienestar que si el agua del grifo fuera potable, cuando esta no lo es, es decir, si la potabilización del agua no se lleva a cabo. En otras palabras: el aumento de renta que tendría que experimentar para poder alcanzar la curva de indiferencia  $I^1$ , si el precio del agua se mantiene en su nivel original ( $\text{tg}\alpha$ ), es decir, si no se potabiliza. Esta es la variación equivalente. En la Figura 13 puede observarse que esta medida vendría dada por la distancia  $V_0V_2$ . “En efecto, si a partir de la situación original de precios relativos igual a  $\text{tg}\alpha$ , y la persona situada en A, aumentando su renta en dicha cantidad, manteniendo los

<sup>64</sup> AZQUETA, D. 1994. Op. Cit., p. 40.

precios constantes, se traslada al punto E, alcanzando, por tanto, el nivel de bienestar reflejado por la curva de indiferencia  $I^1$ : el que se habría obtenido después del cambio propuesto” (Azqueta, 1994)<sup>65</sup>.

En el caso de variación equivalente a diferencia de la variación compensatoria, el nivel de utilidad inicial no se mantiene. Efectivamente se accede a un nuevo nivel de utilidad. En consecuencia, en este caso la utilidad de referencia es un nuevo nivel de utilidad ( $U^1$ ) relacionado con una nueva función hicksiana  $X^H(P, U^1)$ . La variación equivalente se mide entonces con relación a esta función de demanda hicksiana. En la Figura 12 el nuevo nivel de utilidad que resultaría como consecuencia del cambio económico correspondería al área  $a+b+c$  (Botero et, al, 2003)<sup>66</sup>.

Tanto la variación compensatoria como la variación equivalente, tienen en común el hecho de que permiten una reasignación en las cantidades consumidas de todos los bienes. Como se observa en la Figura 13, al pasar de A a B, o de B a C, la persona modifica la cantidad consumida de agua potable y de todo lo demás. Pero podría darse el caso, de que esta reasignación no fuera posible para el bien objeto de la modificación: que la persona no pudiera elegir libremente la cantidad consumida del mismo. Esta es una situación bastante frecuente en el terreno de los bienes libres: Misham, (1971)<sup>67</sup> se refiere a este caso introduciendo la categoría de Bienes no Optativos, como el aire. En principio, no se puede modificar la cantidad consumida de aire, por ejemplo, aunque se mejore su calidad. Las personas han de consumir una cantidad  $X_0$  determinada al precio original, y otra cantidad  $X^1$  al precio final.

**1.1.7. Excedente compensatorio y excedente equivalente.** Para el caso de que esta modificación en el consumo no sea posible, se han propuesto otras dos medidas alternativas del cambio en el bienestar:

Una de ellas es el excedente compensatorio. Se trata de adaptar el concepto de la variación compensatoria, a la nueva situación. En la Figura 14 se analiza el nuevo caso. En esta gráfica se representa el consumo de un bien X, objeto de la modificación, en el eje horizontal; y el consumo del resto de los bienes (representados por Y, el numerario), en el vertical.

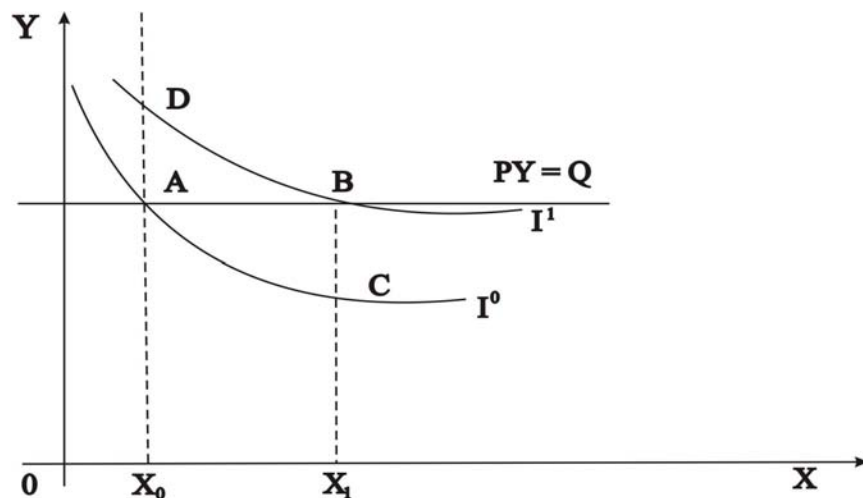
---

<sup>65</sup> AZQUETA. D. 1994. *Ibíd.*, p. 42

<sup>66</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. *Op. Cit.*, p. 36.

<sup>67</sup> MISHAM, E. J. The Postwar Literature on Externatilities: An Interpretative Essay. *En: Journal of Economic Literature*. Vol 37. N° 4 (Apr. 1971); p 35-62.

**Figura 14. Excedente Compensatorio.**



**Fuente:** AZQUETA, Diego. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. España: Mc Graw Hill, 1994., p. 43.

Supongamos que el bien X es un bien público no optativo, cuyo precio para la persona es cero (la calidad del aire). La recta  $PY=Q$  es ahora la restricción presupuestaria, siendo Q la renta de la persona. Originalmente, el bien público se ofrece en la cantidad  $X_0$ , y tras una medida cualquiera, se produce un aumento del mismo hasta llegar al punto  $X_1$ : una mejora en la cantidad, o en la calidad. En estas circunstancias, el excedente compensatorio vendrá dado por la cantidad de dinero que, restada de la renta de la persona en la nueva situación, si se trata de una mejora, le devuelve a su nivel de bienestar original. En la Figura 14, por la cantidad de dinero BC. En efecto, una vez que se ha producido la mejora en la dotación del bien X, si se resta dicha cantidad de su renta, se devuelve a la situación original en términos de bienestar. BC es pues, el excedente compensatorio<sup>68</sup>.

La otra medida de bienestar es el excedente equivalente. En este caso, el análisis se efectúa tomando como punto de referencia el nuevo nivel de bienestar alcanzado tras el cambio y manteniendo el supuesto de que la persona no puede ajustar su nivel de consumo.

“El excedente equivalente sería la cantidad de dinero que se tendría que dar a una persona para que su bienestar mejorara en la misma medida que tras el cambio en la

<sup>68</sup> AZQUETA, D. 1994. Op. Cit., p. 33.

oferta del bien X. volviendo a la Figura 14, este vendría dado por la cantidad AD. En efecto, manteniendo la oferta del bien público en su nivel original, e incrementando la renta del sujeto en dicha cuantía, alcanzaría la curva de indiferencia a que le llevaba la mejora en la oferta de X. AD es, el excedente equivalente. Al igual que en el caso de la Vc y la Ve, el excedente equivalente y el excedente compensatorio también pueden ser utilizados para analizar cambios en sentido inverso del bienestar: para medir el impacto de un empeoramiento de la situación, sea en términos de calidad o cantidad ofrecida” (Azqueta, 1994)<sup>69</sup>.

**1.1.8. Función de la oferta.** Mientras las posturas de los consumidores generan la curva de demanda, las disponibilidades a aceptar de los productores generan la curva o función de la oferta. Están relacionadas las cantidades ofrecidas con sus respectivos precios. “Una función de oferta a diferencia del caso de la demanda, típicamente tiene una pendiente positiva. Es decir, a mayor precio del bien, mayor cantidad de él se tiende a ofertar, y viceversa” (Botero et, al, 2003)<sup>70</sup>. La forma de esta función se muestra en la Figura 15.

A partir de una función de oferta se pueden definir las medidas de bienestar del productor, las cuales son:

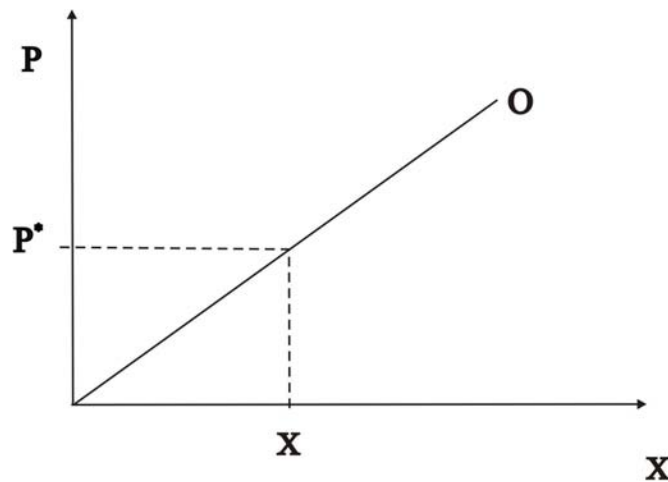
2. Disponibilidad total a aceptar.
3. Disponibilidad marginal a aceptar.
4. Excedente del productor.
5. Variación compensatoria.
6. Variación equivalente.

---

<sup>69</sup> AZQUETA. D. 1994. Op. Cit.

<sup>70</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit.

**Figura 15. Función de Oferta.**



**Fuente:** BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.: Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Bogotá, 2003., p. 36.

**5.5.12. Disponibilidad total a aceptar.** La disponibilidad total a aceptar “es la cantidad de dinero que está dispuesto a aceptar un productor por producir una determinada cantidad del bien” (Botero et, al, 2003)<sup>71</sup>.

**5.5.13. Disponibilidad marginal a aceptar.** La disponibilidad marginal a aceptar “es la cantidad de dinero que él está dispuesto a aceptar por producir una unidad adicional” (Botero et, al, 2003)<sup>72</sup>. Como se observa en la Figura 15, la pendiente de esta recta es positiva. Esto porque el costo marginal de producir una unidad adicional es creciente. Es decir, cada vez que un productor decide aumentar su producción en una unidad -dada una tecnología o nivel de insumos-, los costos variables asociados a esa producción serán cada vez mayores.

A diferencia del caso del consumidor, en el del productor las medidas del cambio en el bienestar son todas observables: son medibles. Esto porque mientras en el caso del consumidor las medidas del bienestar se relacionan con cambios en la utilidad la cual, según se dijo antes, no es observable -no se puede medir-, en el caso del productor las medidas del bienestar se relacionan con sus ganancias en dinero, las cuales son completamente medibles. “Por esa razón no se habla de una curva de oferta hicksiana; tampoco se habla de una oferta marshalliana. Solo existe una función de oferta, la cual está determinada por los costos marginales de producción. Con relación a esta última

<sup>71</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit., p. 35.

<sup>72</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. Ibíd., p. 35.

función de oferta se determinan las medidas del bienestar del productor” (Botero et, al, 2003)<sup>73</sup>.

**5.5.14. Excedente del productor.** El excedente del productor se explica como “el área por encima de la curva de oferta y por debajo de la recta de precio y define las ganancias de los productores por participar en los mercados” (Botero et, al, 2003)<sup>74</sup>.

**5.5.15. Variación compensatoria y La variación equivalente del productor.** La variación compensatoria para el caso del productor, sería “la cantidad de dinero que éste está dispuesto a pagar por acceder al nuevo nivel de ganancias que resultaría de un incremento en el precio” (Botero et, al, 2003)<sup>75</sup>.

“La variación equivalente sería “la cantidad de dinero que el productor está dispuesto a aceptar por renunciar al cambio en ganancias que se generaría por un incremento en el precio” (Botero et, al, 2003)<sup>76</sup>.

La Figura 16 muestra la variación compensatoria y la variación equivalente para el caso del productor. Como se observa, dado que solo existe una función de oferta, ambas medidas del bienestar se encuentran representadas por la misma área. Ante una subida de precio desde ( $P^0$ ) hasta ( $P^1$ ), la variación compensatoria sería el área  $\alpha$ . esta área corresponde a lo que el productor estaría dispuesto a pagar por acceder a los beneficios derivados del alza en los precios. En cambio, si el precio baja desde ( $P^1$ ) hasta ( $P^0$ ), el productor estaría dispuesto a aceptar la misma área como compensación por la baja en sus ganancias generadas por la caída del precio.

---

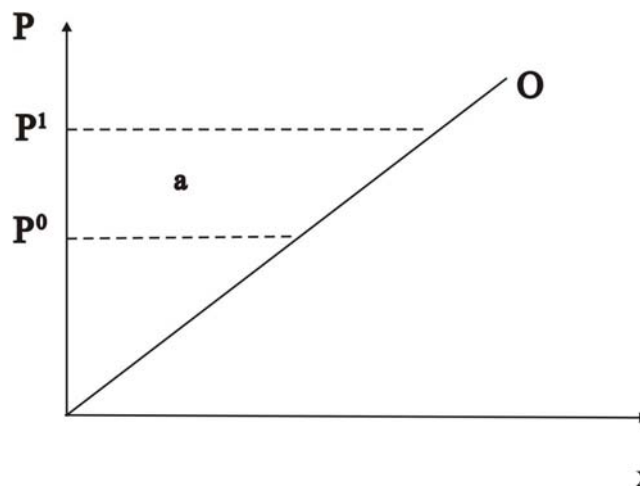
<sup>73</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. Ibíd.

<sup>74</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. Ibíd.

<sup>75</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. Ibíd.

<sup>76</sup> BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F. 2003. Op. Cit.

**Figura 16. Variación compensatoria y Variación Equivalente del Productor.**



**Fuente:** BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.: Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Bogotá, 2003., p. 38.

Una vez conocida la curva o función de la “demanda” y otros conceptos teóricos importantes para la comprensión del funcionamiento de la economía ambiental, nos adentramos en la conceptualización de la herramienta que nos conduce a monetizar los cambios en el bienestar, y que se utilizó en el presente estudio.

## **5.6. MÉTODO “COSTOS EVITADOS O INDUCIDOS”**

El hecho de carecer de mercado no impide que los bienes ambientales estén relacionados con bienes que si lo tienen. Existe la posibilidad que un bien ambiental como el agua, está relacionada con algún bien privado de una forma muy concreta: entrando a formar parte con él, como sustitutivo, de una determinada función de producción. El método que permite identificar la relación del bien ambiental con los bienes privados, es el método de los costos evitados o inducidos. A continuación mencionaremos los supuestos teóricos de la metodología.

Dos posibilidades claramente diferenciadas se presentan en este contexto:

1. Por un lado, el caso en el que el bien ambiental forma parte de la función de producción ordinaria de un bien o servicio normal, como un insumo productivo más.



2. por otro lado, cuando entra a formar parte, junto con otros bienes privados, de la función de producción de utilidad de una persona o familia determinada.

“Puede darse el caso, de que un bien ambiental como el aire o el agua constituyan un insumo productivo en la producción de un bien privado” (Azqueta, 1994)<sup>77</sup>.

La baja calidad del suelo, por ejemplo, influye sobre la productividad de un cultivo y puede aumentar los costos de la fertilización y los costos de recuperación de dicho suelo. De igual forma la buena o mala calidad del agua influye sobre la productividad de peces, haciendo más costosa la actividad pesquera. Ya tenemos ahora elementos necesarios para tratar de analizar los beneficios o costos generados por un cambio en la cantidad, o calidad del bien ambiental: su relación con una serie de bienes privados (productos agrícolas, otros insumos productivos, tierra, peces), que como tal si tienen un mercado. Pero se hace necesario, en primer lugar, conocer cómo afecta el cambio en la calidad del bien libre, al rendimiento de los demás factores en la producción del bien privado, para lo que introduciremos un concepto de gran importancia: la función de *Dosis-Respuesta*.

La producción de alimentos agrícolas con la utilización de plaguicidas, tiene como una de sus principales consecuencias negativas más claras, las descargas de residuos tóxicos a los cuerpos de agua. Estos efluentes, a su vez, tienen un impacto negativo por causar la muerte y la intoxicación de diversos organismos relacionados con el agua. El hecho que agentes tóxicos, sean arrastrados por la escorrentía o vertidos directamente a fuentes hídricas, afecta la calidad de las mismas, provocando en los peces que viven ahí, la intoxicación y hasta la muerte. Este hecho, reduce, como es natural, la productividad de la actividad pesquera. Este fenómeno bien establecido y claramente estudiado que queda recogido en las llamadas funciones de *dosis-respuesta*. Estas funciones brindan una información sobre cómo se ve afectado un determinado receptor (un cultivo, un pez, la salud de los seres humanos), por la calidad del medio ambiente (distintos niveles de sustancias contaminantes en el agua, en el aire, en el suelo, etc.). Estas funciones de *dosis-respuesta*, que proporciona la ciencia básica con ayuda de la inferencia estadística, tienen una larga trayectoria en el campo de la problemática ambiental. Son por ejemplo, la base sobre la que se asienta la mayoría de los estudios de impacto ambiental. El conocimiento de estas funciones ya permite una primera aproximación a la valoración económica de un cambio en la calidad ambiental.

Supongamos que las autoridades locales del territorio afectado por la contaminación del agua por residuos de pesticidas provenientes de la agricultura convencional, impusieran una normatividad medioambiental que estimulara la agricultura orgánica, como por

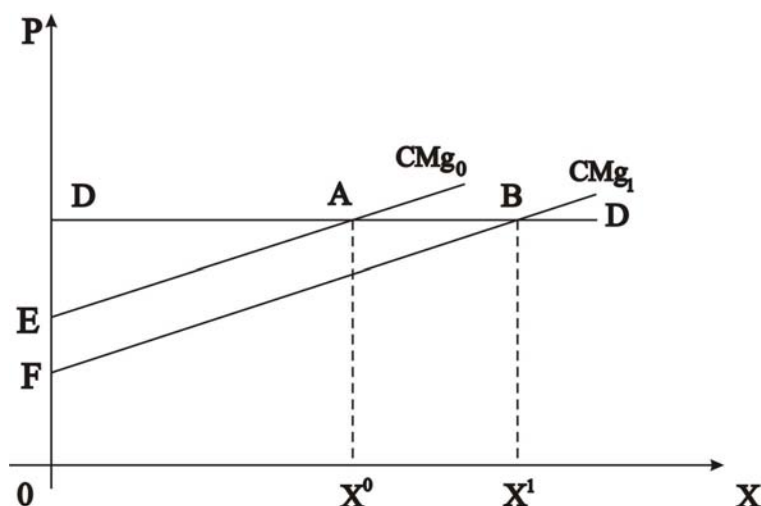
---

<sup>77</sup> AZQUETA. D. 1994. Op. Cit., p. 56.

ejemplo subsidios, de forma que aumentara el número de hectáreas bajo este modelo, cortando drásticamente el uso de estas sustancias tóxicas, reduciéndolas en definitiva por debajo del umbral crítico considerado significativo. El planteamiento anterior sigue una vía elemental para valorar el beneficio de la normatividad: en efecto, si la presencia de residuos de pesticidas en el agua redujo el rendimiento de la producción pesquera en una cuantía conocida, es de suponer que su disminución permitirá recuperar los niveles normales de producción, por lo que multiplicando el resultado de los incrementos esperados de la productividad por su precio, tendríamos una expresión económica del beneficio total atribuible a la medida adoptada, beneficio que en este caso, tomaría la forma de un aumento en el excedente del productor, por lo que conoceríamos también quienes son los beneficiarios. Es un procedimiento aparentemente sencillo: conocidas las funciones dosis-respuesta correspondientes, y medidos los niveles de contaminación en el agua, se recoge el impacto que tiene la medida propuesta sobre las distintas actividades productivas afectadas.

La Figura 17 ilustra el procedimiento apuntando, para el caso de un único bien producido, y un productor pequeño, precio-aceptante. En ella se observa en el eje vertical el precio del producto ( $P$ ), y en el eje horizontal, la cantidad producida del mismo ( $X$ ). La curva de la demanda ( $DD$ ) a la que se enfrenta un productor pequeño como el contemplado es, en este caso, perfectamente horizontal. La mejora en la calidad del agua, que aparece como un insumo productivo más, se traduce en un desplazamiento hacia abajo de la curva de costos marginales ( $CMg_0 \longrightarrow CMg_1$ ), ya que aumenta la productividad pesquera. Esto permite al productor elevar la cantidad producida ( $X_0 \longrightarrow X_1$ ), dada la curva de demanda a la que se enfrenta, y aumentar sus beneficios. En este caso la valoración económica del beneficio generado por la mejora ambiental, es un bien elemental: vendría dada por el aumento en el excedente del productor que se genera representado en la Figura 17, por el área  $ABFE$ .

**Figura 17. Aumento en el Excedente del productor**



**Fuente:** AZQUETA, Diego. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. España: Mc Graw Hill, 1994., p. 43.

Una investigación llevada a cabo por Kim Y Dixon en 1986, valoraron los beneficios de un programa de estabilización y recuperación de terrenos agrícolas. El método utilizado para este estudio fue el método de los costos incurridos aunque en sentido inverso (costos evitados), para valorar los beneficios relativos de distintas alternativas técnicas de fijación del terreno, que reducen la erosión y aumentan la permeabilidad del suelo. Para ello cuantifican los costos de reponer el terreno (recogida, transporte y distribución de las tierras arrastradas); de reponer, así mismo los nutrientes perdidos; de la caída de la productividad de las tierras que reciben el aluvión; y del riego adicional que hubiera sido necesario. Estos costos evitados, junto con los beneficios derivados de evitar la salinización de la tierra, de la erosión, etc., constituyen los beneficios que permiten, una vez computados, elegir entre una u otra medida.

## 6. MARCO CONCEPTUAL

- **IMPACTO AMBIENTAL.** Análisis, y valoración de las alteraciones ambientales, y su significado para la sociedad humana.
- **CONTAMINACIÓN AMBIENTAL:** “La contaminación es un impacto ambiental, que se produce por la presencia o el exceso de una sustancia dentro de un determinado medio, con consecuencias nocivas” (Vallejo, 1997)<sup>78</sup>.
- **SUSTANCIA ECOTOXICA:** “Es aquella que al ser liberada en el ambiente produce un impacto ambiental significativo, de naturaleza reversible, o irreversible, debido a procesos de toxicidad, bioacumulación, persistencia y residualidad. La mayor parte de la contaminación ambiental es producida por agentes sintéticos elaborados por el hombre como es el caso de la contaminación por plaguicidas, detergentes, plásticos, etc. Los contaminantes naturales y sintéticos van a los componentes ambientales, aire, aguas, y suelos o sea, los medios de dispersión para luego ir a los organismos receptores como el hombre, fauna y flora. Teniendo en cuenta la naturaleza del agente contaminante, se distinguen los siguientes tipos de contaminación: Contaminación biológica, física y química” (Vallejo, 1997)<sup>79</sup>.
- **CONTAMINACIÓN QUIMICA:** Surge de la posibilidad de que una sustancia química natural o sintética entre a un ecosistema a niveles tales que ocasione efectos adversos a la salud del medio ambiente. Las naciones unidas a través de su Programa para el Medio Ambiente, ha identificado las sustancias de mayor uso en el mundo y que a su vez tiene graves problemas para la salud humana y el medio ambiente, entre ellas figuran: los plaguicidas, fertilizantes, metales, hidrocarburos, solventes, plásticos y detergentes. (PNUMA, 1993)<sup>80</sup>
- **PLAGUICIDAS:** “cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales o que puedan administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos.

---

<sup>78</sup> VALLEJO. M.C.: Toxicología Ambiental. Fondo Nacional Universitario. Santafé de Bogotá, D.C., 1997., p. 10.

<sup>79</sup> VALLEJO. M.C. Ibíd., p. 10.

<sup>80</sup> PNUMA. World Resources. Geneve, 1992., p. 52.

Los plaguicidas utilizados actualmente son químicos de síntesis que abarcan una gran variedad de compuestos con características muy diversas, y la mejor manera de clasificarlos es teniendo en cuenta el efecto sobre la plaga. La clasificación internacional es la siguiente: insecticidas, fungicidas, herbicidas y rodenticidas” (Vallejo, 1997)<sup>81</sup>.

- **IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PLAGUICIDAS:** “El uso inadecuado e intensivo de plaguicidas en la agricultura ha llevado a que estos productos sean una amenaza para la salud y la preservación del medio ambiente, ya que siempre actúan como biocidas y como consecuencia producirán desequilibrio ecológico, contaminación del aire, de las aguas y de los suelos. La preocupación por el uso de estas sustancias, se ha presentado en parte por las intoxicaciones agudas, el desequilibrio de los ecosistemas y los efectos a largo plazo que produce en los organismos vivos” (Vallejo, 1997)<sup>82</sup>.

- **TOXICIDAD:** “Es la capacidad que tiene una sustancia para producir un efecto nocivo en un organismo vivo. Se trata del potencial toxico de una sustancia” (Vallejo, 1997)<sup>83</sup>.

- **TOXICIDAD AGUDA:** “Sirve para la evaluación de los efectos tóxicos inmediatos que presentan las sustancias a dosis grandes, cuando son administradas por vía oral, dérmica e inhalatoria” (Vallejo, 1997)<sup>84</sup>.

- **ECOTOXICIDAD:** “es la capacidad que tiene un contaminante de producir un daño sobre los organismos presentes en los componentes ambientales” (Vallejo, 1997)<sup>85</sup>.

- **ECOTOXICIDAD AGUDA:** “Son los datos de peligro ecotoxicológicos necesarios para la evaluación del riesgo ecológico de las sustancias. Son obtenidos en el laboratorio utilizando especies sensibles y localizadas como mamíferos, pájaros, insectos, peces, daphnia, lombrices y microorganismos” (Vallejo, 1997)<sup>86</sup>.

- **DOSIS:** “Es la cantidad de sustancia que administrada a un organismo vivo produce un efecto determinado. Se expresa como la cantidad de sustancia (mg), por unidad de peso corporal (Kg.)” (Vallejo, 1997)<sup>87</sup>.

---

<sup>81</sup> VALLEJO. M.C. 1997. Op. Cit., p. 12.

<sup>82</sup> VALLEJO. M.C. Ibíd., p. 12.

<sup>83</sup> VALLEJO. M.C. 1997. Op. Cit., p. 14.

<sup>84</sup> VALLEJO. M.C.1997. Ibíd., p. 15.

<sup>85</sup> VALLEJO. M.C.1997. Ibíd., p. 15.

<sup>86</sup> VALLEJO. M.C.1997. Ibíd., p. 16.

<sup>87</sup> VALLEJO. M.C.1997. Ibíd., p. 17.

- **DOSIS LETAL (DL):** “Es la cantidad de tóxico que causa la muerte a la totalidad de la población expuesta” (Vallejo, 1997)<sup>88</sup>.
- **DOSIS LETAL CINCUENTA (DL<sub>50</sub>):** “Cantidad de la sustancia que administrada una sola vez y en un tiempo determinado, es capaz de matar la mitad de los organismos empleados en una prueba de laboratorio. La dosis se aplica por vía oral, dérmica e inhalatoria” (Vallejo, 1997)<sup>89</sup>.
- **CONCENTRACION LETAL CINCUENTA INHALATORIA (CL<sub>50</sub> Inhalatoria):** “es la concentración expresada en mg por L, de un elemento, o sustancia que en un tiempo determinado y por vía inhalatoria, ocasiona la muerte del 50% de los organismos empleados en la prueba de laboratorio. Este parámetro se utiliza para peces” (Vallejo, 1997)<sup>90</sup>.
- **CROMATOGRAFIA DE GASES:** Es la técnica o método de separación de compuestos o mezclas moleculares orgánicas e inorgánicas, térmicamente estables y volátiles.
- **ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL SUELO:** es el análisis que permite conocer, enumerar y aislar los grupos funcionales de la comunidad microbiana en suelos. En este estudio en particular solo se midieron las características cuantitativas y cualitativas de los siguientes grupos funcionales: hongos, mohos, levaduras, nematodos, bacterias, entre otros.
- **ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SUELO:** Es el análisis que permite conocer las características físicas y químicas del suelo, como la cantidad de elementos mayores y menores, capacidad de intercambio catiónico, así como la textura, la estructura, la consistencia, los poros, el pH, entre otros.

---

<sup>88</sup> VALLEJO. M.C.1997. Ibíd., p. 22.

<sup>89</sup> VALLEJO. M.C.1997. Ibíd., p. 22.

<sup>90</sup> VALLEJO. M.C.1997. Op. Cit., p. 23.

## **12. MARCO LEGAL**

El Ministerio del Medio Ambiente tiene entre sus funciones el desarrollo de herramientas económicas para actividades que incentiven la conservación del medio ambiente, teniendo en cuenta los Estudios de Impacto Ambiental, y es el ente coordinador de las políticas ambientales de plaguicidas con las Corporaciones Autónomas Regionales CARs. En cuanto a legislación concerniente al diseño de herramientas económicas para incentivar la protección del medio ambiente tenemos:

Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974. Parte III. Medios de desarrollo de la política ambiental. Título I. Incentivos y estímulos económicos.

Artículo 13: Con el objeto de fomentar la conservación, mejoramiento y restauración del ambiente y de los recursos naturales renovables, el gobierno establecerá incentivos económicos.

Decreto 901 DEL 1 de Abril de 1997. Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.

Resolución 0273 del 1 de Abril de 1997 del Ministerio del Medio Ambiente. Por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).

Resolución 0372 del 6 de Mayo de 1998 del Ministerio del Medio Ambiente. Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones.

Resolución 864 del 8 de Agosto de 1996 del Ministerio del Medio Ambiente. Por la cual se identifican por vía general los equipos de control ambiental que dan derecho al beneficio tributario establecido por el artículo 170 de la ley 223 de 1995.

Decreto 900 del 1 de Abril de 1994. Por el cual se reglamenta el certificado de incentivo forestal para la conservación (CIF).

Acuerdo C.D No. 16 del 28 de Julio de 1995 de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. Por el cual se adopta la estructura de tasas para el cobro por utilización de aguas superficiales y aguas subterráneas que deben cancelar los usuario en el área de la jurisdicción del la CVC.

Acuerdo C.D No. 15 del 28 de Julio de 1995 de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. Por el cual se establecen las tasas por la explotación de los cauces y lechos de los ríos en el área de jurisdicción de la CVC.

Acuerdo C.D No. 37 del 15 de Julio de 1999 de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. Por el cual se ordena una revisión en relación con el sistema de evaluación y cobro de las tasas retributivas y se mantiene el factor regional.

Acuerdo C. D. No. 09 del 30 de Marzo de 2005. Por el cual se fija la tarifa de las tasas de uso de agua superficial y subterránea en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC-.

Resolución 864 del 8 de Agosto de 1996. Por la cual se identifican por vía general los equipos de control ambiental que dan derecho al beneficio tributario establecido por el artículo 170 de la ley 223 de 1995

Decreto 3172 de 2003 y resolución 0136 de 2004. Por el cual se fija la deducción por inversiones en control y mejoramiento ambiental.

Decreto numero 2532 de 2001. Por el cual se reglamenta el numeral 4 del artículo 424-5 y el literal f) del artículo 428 del estatuto tributario.

Artículo 3º. Elementos o equipos que son objeto del beneficio tributario previsto en el artículo 424-5 numeral 4º. El Ministerio del Medio Ambiente certificará en cada caso, los elementos, equipos y maquinaria que de conformidad con el artículo 424-5 numeral 4 del Estatuto Tributario, estén destinados a la construcción, instalación, montaje y operación de sistemas de control y monitoreo ambiental para el cumplimiento de las disposiciones, regulaciones y estándares ambientales vigentes.

Decreto 3100 de 2003. Tasas retributivas. Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.



Decreto número 3440 de 2004. Por el cual se modifica el decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras disposiciones.

Decreto numero 00155 de 2004. Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.

Resolución 240 de 2004. Por la cual se definen las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas.

Resolución 00070 de 2004. Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de tasas retributivas por vertimientos líquidos para la vigencia 2004.

Decreto número 4742 de 2005. Por el cual se modifica el artículo 12 del decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.

Acuerdo No. 14 del 23 de Noviembre de 1976 de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. Por el cual se dictan normas sobre el control de la contaminación de las aguas en la cuenca del río cauca dentro del territorio de jurisdicción de la CVC.

Resolución número 00074 de 2002. Por la cual se establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empackado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos.

En el ámbito internacional, Colombia hace parte de un gran número de acuerdos, convenciones y protocolos para la protección de la biodiversidad, el medio ambiente, la salud y el manejo adecuado de las sustancias químicas, a continuación se resume algunos de estos acuerdos:

- *Código Internacional de Conducta para la Distribución y Uso de Plaguicidas*, es un instrumento jurídico aprobado por la FAO, el cual tiene como objetivo promover las prácticas que fomenten el uso seguro y eficaz de los plaguicidas, lo que implica entre otras cosas la reducción al mínimo de los efectos perjudiciales para los seres humanos y el ambiente y la prevención del envenenamiento accidental provocado por una manipulación impropia de los mismos.

- *Convenio de Rotterdam*, cuyo objeto es promover la responsabilidad compartida, los esfuerzos compartidos de las partes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños y contribuir a su utilización ambientalmente racional, facilitando el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso de adopción de decisiones sobre su importación y exportación y difundiendo sus decisiones a las partes. A este respecto, el país aún no ha ratificado este convenio, ni tampoco ha definido el proceso de evaluación de la información y la autoridad designada para la toma de decisiones.

- *Convención de RAMSAR* del 2 de febrero de 1971: Esta convención es un tratado intergubernamental que promueve la cooperación internacional en lo que se refiere a los hábitats de humedales. El objetivo principal de la convención es impedir la pérdida de los hábitats de humedal y asegurar su conservación. En Colombia el Congreso de la República, mediante la Ley 357 del 21 de enero de 1997, adhirió al país a la convención de Ramsar y posteriormente la embajada de Colombia ante la Unesco realizó la adhesión protocolaria del país a la convención de Ramsar, el 18 de junio, que rige a partir del 18 de octubre de 1998.

- *Cumbre de La Tierra* (1992): La cual se llevó a cabo en Río de Janeiro el 14 de Junio de 1992 y se le conoce como Agenda 21 o Cumbre de Río y en la cual se establecen compromisos ambientales internacionales relacionados con el Fomento de la Agricultura y del Desarrollo Rural Sostenible, Conservación de la diversidad biológica, Manejo de Aguas, Fortalecimiento del papel de los agricultores, Gestión Ecológicamente Racional de los Desechos Peligrosos, Protección y Fomento de la Salud humana. Por otra parte, la Agenda 21 pone de manifiesto, A los Estados conviene en que, para apoyar las medidas que tomen los países en desarrollo en el cumplimiento de ese compromiso (proteger y preservar el medio marino de todas las fuentes de contaminación, incluidas las actividades realizadas en tierra), será preciso que se suministren recursos financieros adicionales, por conducto de los mecanismos internacionales apropiados, y se cuente con acceso a tecnologías menos contaminantes y a las investigaciones pertinentes.

- *Protocolo para controlar la contaminación marina procedente de fuentes y actividades terrestres*, 1992: Se desarrolló en 1992 para la Revisión de las Leyes nacionales e internacionales y los Programas de acción existentes. Igualmente se convino lo siguiente: Aplicar criterios de prevención, precaución y previsión para evitar la degradación del medio marino; Evaluar previamente las actividades con posibles efectos perjudiciales al medio marino; Integrar la protección del medio marino en las políticas generales pertinentes; Establecer incentivos económicos para aplicar tecnologías limpias e incorporar los costos ambientales, como el de que contamina paga y Mejorar el nivel de vida de las poblaciones costeras, sobre todo de los países en desarrollo, a fin de contribuir a la reducción de la degradación del medio costero y marino.

- *Decisión 18/32 del Consejo de Administración del PNUMA* de Mayo de 1995: Acuerdo para adoptar medidas internacionales y elaborar un instrumento mundial, jurídicamente vinculante, que complemente otras medidas internacionales y regionales para la reducción y/o eliminación de las emisiones, descargas, intencionadas o no, y, cuando proceda, la eliminación de la fabricación y el uso, así como del tráfico ilícito, de *contaminantes orgánicos persistentes*, POP's (Persistent Organic Pollutants) enumerados en la decisión 18/32 del Consejo de Administración del PNUMA, respecto de los cuales se haya demostrado científica y técnicamente la necesidad de adoptar medidas, teniendo en cuenta los principios de la declaración de Río, en particular el principio 15.
- *Convención sobre la Diversidad Biológica* del 5 de junio de 1992: el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) entró en vigor el 29 de diciembre de 1993 y ha sido ratificado por más de 165 países, entre ellos Colombia (ley 165 1994). Este convenio proporciona, por primera vez, un marco jurídico convenido internacionalmente para acciones concertadas de preservación y utilización sostenible de la diversidad biológica.
- *Convenio de Basilea*, ratificado mediante Ley 253 de 1996 sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, dentro de los cuales se incluyen los desechos corrientes resultantes de la producción y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos. Igualmente se incluyen como desechos aquellos que tengan como constituyentes, diferentes elementos o compuestos químicos considerados contaminantes.
- *Protocolo de Montreal* el cual propone la implementación de un programa para sustituir las sustancias agotadoras de la capa de ozono, entre ellas el bromuro de metilo.
- *Decisión 436 Norma Andina* de junio de 1998, por la cual Colombia, con los demás países de la región, definen mecanismos para armonizar las normas de registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola y contribuir en el mejoramiento de las condiciones de producción, comercialización, utilización y disposición final de desechos que permita elevar los niveles de calidad, eficacia y de seguridad para la salud humana y el ambiente. Esta decisión entrará en vigor una vez sea aprobado conjuntamente el manual técnico.
- *Convenio de Bioseguridad*, firmado en enero de 2000 en Canadá, en la cual actuó el Ministro de Medio Ambiente de Colombia como secretario general y de donde surgió el protocolo de bioseguridad de Cartagena, firmado por 41 países.

En lo referente a la clasificación toxicológica de los plaguicidas, el Ministerio de Salud mediante la Resolución No. 10834 de 1992, exige que además de los textos los

pictogramas y el símbolo de veneno, deban incluirse dentro de las bandas distintivas de la categoría toxicológica en colores. Los textos y el símbolo de veneno deben ir en blanco (Tabla 2).

**Tabla 2. Clasificación de los Plaguicidas Según su Toxicidad**

CATEGORÍA TOXICOLÓGICA	OBSERVACIÓN	COLOR DE LA ETIQUETA
I	Extremadamente tóxica	Rojo
II	Altamente tóxica	Amarillo
III	Medianamente tóxica	Azul
IV	Ligeramente tóxica	Verde

**Fuente:** Colombia. Resolución No. 10834 de 1992.

El Decreto No. 1594 de 1984 establece los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y aguas marinas o estuarinas (Tabla 3).

**Tabla 3. Valores letales de algunos plaguicidas en las fuentes de agua (mg/L)**

TIPO DE PLAGUICIDA	EXPRESADO COMO	AGUA FRÍA DULCE	AGUA CÁLIDA DULCE	AGUA MARINA Y ESTUARINA
Organoclorados	Concentración de ingrediente activo	0.001	0.001	0.001
Organofosforados	Concentración de ingrediente activo	0.05	0.05	0.05

**Nota:** Los valores están expresados como la concentración letal promedia que causa la muerte a la mitad de la población en 96 horas CL (96/50).

**Fuente:** Colombia. Ministerio de Salud. Decreto 1594 de 1984.

De otra parte, el Decreto 475 del 10 de marzo de 1998 promulgado por el Ministerio de Salud y modificadorio del Decreto 2105 de 1983, establece las concentraciones máximas admisibles para los plaguicidas en el agua potable:

- Valor Máximo Admisible 0.0001 mg/L, para Plaguicidas de Categoría Toxicológica I (altamente tóxicos), sustancias cancerígenas, mutagénicas y/o teratogénicas, y/o cuyos valores LD<sub>50</sub> oral más bajos sean menores o iguales a 50 mg/kg. La suma total de las

concentraciones de plaguicidas y demás sustancias, podrá ser de 0.001 mg/L. como máximo; en ningún caso podrán ser excedidos los valores individuales.

- Valor Máximo Admisible 0.001 mg/L, para Plaguicidas Categorías toxicológicas II y III (mediana y moderadamente tóxicos), y/o cuyos valores LD<sub>50</sub> oral más bajos se encuentren entre 51 y 5000 mg/kg. La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias, podrá ser de 0.01 mg/L. como máximo, en ningún caso podrán ser excedidos los valores individuales.

- Valor Máximo Admisible 0.01 mg/L, para los plaguicidas y otras sustancias clasificadas en la categoría toxicológica IV (baja toxicidad) y/o cuyos valores LD<sub>50</sub> oral más bajos se encuentren entre 5001 y 15000 mg/kg. La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias, podrá ser de 0.1 mg/L. como máximo; en ningún caso podrán ser excedidos los valores individuales señalados en este artículo.

- Independientemente de lo considerado anteriormente, la suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias concernientes al decreto no podrán ser superiores a 0.1 mg/L.

- Cuando por inconvenientes o imposibilidades técnicas de realizar los análisis correspondientes y/o mientras se implementan las metodologías analíticas respectivas, las personas prestadoras del servicio de acueducto, mínimo realizarán trimestralmente (o en caso de emergencia sanitaria y/o que a juicio de la autoridad sanitaria se requieran), análisis de sustancias indicadoras de la eventual presencia de plaguicidas y/u otros componentes considerados.

## 8. METODOLOGIA

### 8.1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se realizó una recopilación de información correspondiente a las características abióticas generales de la zona de estudio, como la geomorfología, la geología, los suelos, la hidroclimatológica, así como información biótica general (fauna y la flora).

#### 8.1.1. Componente abiótico

- **Cartografía.** Se recopiló la siguiente información cartográfica: los planos de la zona (predial, geológico, geomorfológico, uso actual y suelos) a escala 1: 10.000 de 2003, el plano de estudios de suelo de 1980, IGAC - CVC, ESCALA 1: 50.000, y la aerofotografía FAL-CVC 1998 a escala 1: 30.550.

- **Caracterización Climática.** De acuerdo con la ubicación de la zona de estudio, se escogió la estación hidroclimatológica CIAT-QUILICHAO (CVC). Esta estación está ubicada a 2 Km al norte del municipio de Santander de Quilichao, en latitud 831,410.75, longitud 1,064,187.83 y a una altura de 977 msnm.

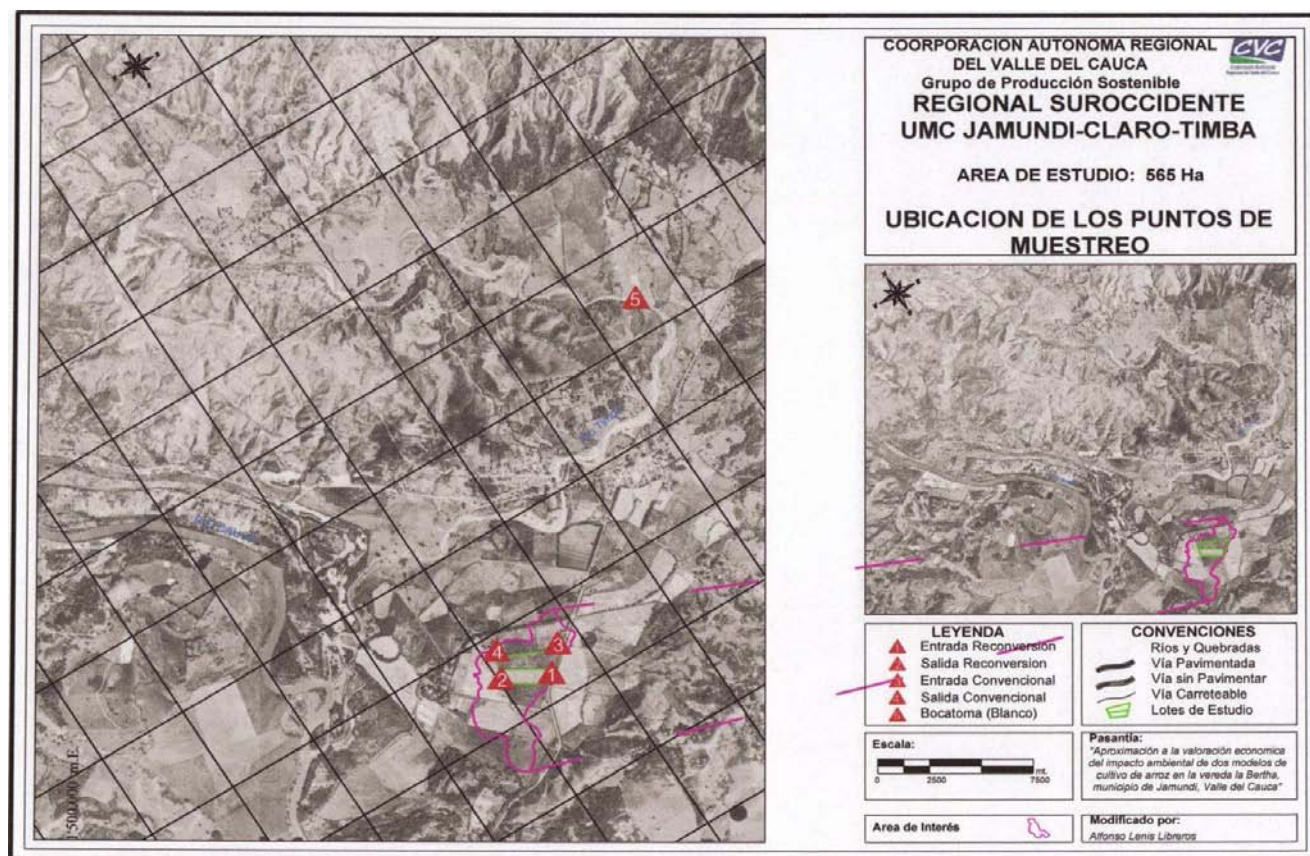
Para observar el comportamiento climático en la zona se establecieron las tendencias de variación mensual multianual de la temperatura, la humedad relativa, la precipitación y el brillo solar con la información histórica entre Enero de 1973 y Diciembre de 2005.

- **Caracterización del suelo.** Se realizó con base en el estudio general de suelos realizado por el IGAC en el año de 1980, a escala 1: 10.000. Para la caracterización geológica, geomorfología y el uso actual se consultó el Sistema de Información Geográfica de la Unidad de Manejo JAMUNDI-CLARO-TIMBA de la CVC y otros documentos relacionados con la temática.

- **Caracterización Hidrológica.** Se describió generalmente el sistema de riego que abastece el agua de los terrenos destinados a usos agropecuarios en la vereda la Bertha. De igual forma se caracterizó el agua que se utiliza en el distrito de riego. Los puntos de muestreo fueron la bocatoma y el canal de salida de agua residual de cada parcela de estudio. En el laboratorio se evaluaron algunos parámetros físico-químicos como el pH, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Conductancia Específica y algunos parámetros

bacteriológicos tales como Coliformes Fecales y Coliformes Totales. Los puntos muestreados se muestran en la Figura 18.

**Figura 18. Puntos de muestreo en la zona de estudio**



- **Toma de muestras de agua para el análisis físico-químico y bacteriológico.** Para la recolección de las muestras de agua que se destinaron para efectuar los análisis de las características físico-químicas, se utilizaron recipientes de plástico de un litro, previamente marcados. La toma de las muestras se realizó siguiendo el protocolo de la norma ISO. De igual manera se colectaron las muestras de agua destinadas para el análisis bacteriológico, pero en este caso se utilizaron recipientes de vidrio de 200 cc. Una vez recolectadas todas las muestras se procedió a transportarlas en una nevera con hielo a una temperatura de 5°C al laboratorio ambiental de la CVC para efectuar los respectivos análisis.

Los resultados del análisis de agua se compararon con respecto a la normatividad nacional, el Acuerdo 014 de 1976 de la CVC que establece los índices relativos a la calidad

del agua del distrito de riego y el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud en cuanto a usos del agua y vertimiento de residuos líquidos. (Tabla 4)

**Tabla 4.** Calidad del agua para diferentes usos del recurso hídrico (Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud)

Parámetro	Unidad	Rango Admisible		
		Art. 40	Art. 42	Art.43
		Agrícola	Recreativo por contacto primario	Recreativo por contacto secundario
pH	Unidades	4.5 – 9.0	5.0 – 9.0	5.0 – 9.0
Coliformes Totales	NMP/100 ml	5.000	200	5.000
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.000	1.000	

FUENTE: Colombia. Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud

**8.1.2. Componente biótico.** Se realizó una caracterización general de la fauna de la zona de estudio, haciendo principal énfasis en la fauna íctica, y de igual manera se caracterizó la flora del lugar, con base en el levantamiento de información del grupo de biodiversidad de la CVC. El levantamiento de esta información por parte del grupo de biodiversidad se realizó por medio de observaciones en campo, capturas de muestras, y análisis en oficina con ayuda de bibliografía.

## 8.2. DISEÑO DEL ENSAYO PARA LA COMPARACIÓN DE LOS DOS MODELOS DE CULTIVO DE ARROZ

Dentro del ensayo se determinó escoger dos parcelas porque se evaluaron dos modelos agrícolas sin variaciones en cada uno de ellos, por lo tanto no hubo necesidad de realizar repeticiones. Se procuró que las parcelas escogidas se ubicaran en el mismo tipo de suelo. Luego cada una fue sembrada bajo dos tratamientos diferentes: uno bajo el tratamiento convencional y el otro bajo el tratamiento en reconversión (los tratamientos se especifican en el anexo B), utilizando la misma semilla (Fedearroz 2000). Cada parcela evaluada contó con una superficie de 3.8 Ha.

Seguidamente se evaluaron los impactos ambientales generados al suelo y al agua por cada modelo de producción de arroz. Para ello se tomaron dos muestras de suelo en cada lote, la primera antes de la siembra y la segunda después de la cosecha para observar el comportamiento de las características físico-químicas y microbiológicas. De igual manera se midieron los niveles de dos plaguicidas organofosforados en el agua residual de cada



cultivo. El primero un insecticida de nombre comercial Basudin 600 EC y el segundo también un insecticida de nombre comercial Monocrotopos 600 LS. Las muestras de agua y suelo fueron tomadas en las dos parcelas en el mismo periodo de tiempo (Febrero-Marzo y Agosto-Septiembre).

Por otro lado se llevo al molino de arroz, el 10% de la cosecha de cada uno de los predios, para determinar el porcentaje de arroz de primera categoría (Arroz blanco entero) y de arroz partido, pues la unidad de comparación del análisis de los modelos de cultivo, es el porcentaje de arroz de primera categoría. Finalmente para hallar el costo de producción de cada modelo se construyeron las funciones de producción para cada caso.

**8.2.1. Selección de las parcelas para el estudio.** Inicialmente se ubicaron cuatro parcelas dentro de la misma unidad de suelos, con ayuda del mapa semi-detallado de suelos de la zona, realizado por el IGAC y CVC. Posteriormente se realizó la fotointerpretación de los lotes seleccionados para determinar las variaciones fisiográficas más sobresalientes, tales como relieve, pendiente, vegetación y tono fotográfico que existen entre los lotes. El tono fotográfico, fue el elemento más útil, el cual se correlaciono muy bien con el drenaje y nivel freático del suelo, factor clave para determinar los puntos de caracterización de suelo. Para ello se utilizaron aerofotografías de la zona a escala 1:30.550 y el estereoscopio.

En campo se describieron algunas características físicas del perfil del suelo para precisar el grado de similitud. Finalmente, después de analizar las observaciones, se escogieron dos parcelas, donde se realizaron dos calicatas, una por cada parcela, para describir el contenido pedológico de los lotes.

La descripción de los perfiles, se hizo de acuerdo a las normas estipuladas en el Manual de Reconocimiento de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, igualmente se recolectaron muestras de suelo de las calicatas para analizarlas en laboratorio. Con base en los resultados de laboratorio y el trabajo en campo, se clasifico taxonómicamente el suelo, utilizando los parámetros del sistema americano de taxonomía de suelos<sup>91</sup>, teniendo así una caracterización completa del suelo de cada lote y la seguridad de un alto grado de similitud.

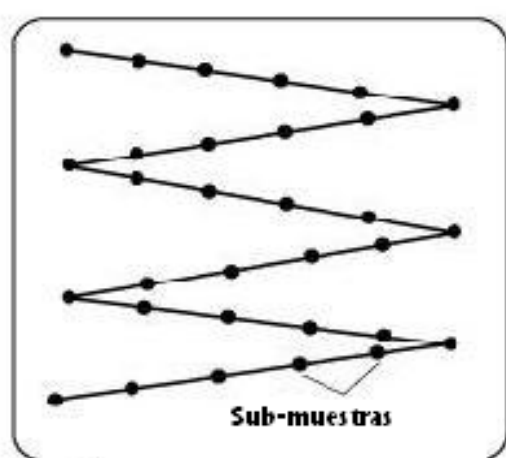
**8.2.2. Toma de muestras de suelo para el análisis físico-químico.** Aparte de las muestras de la calicata, se extrajo una muestra de suelo siguiendo el protocolo para toma de

---

<sup>91</sup> **Departamento de Agricultura de los EE.UU.** Comité para Reconocimiento de Suelos: Claves de Taxonomía de Suelo, 1994.

muestras del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, en cada una de las parcelas. Las muestras se tomaron de 0-20 cm de profundidad, teniendo en cuenta que las raíces del arroz apenas alcanzan esta profundidad. Para la recolección de las muestras se utilizó un balde limpio y un barreno. Se recorrieron las parcelas en zigzag (Figura 19), tomando con el barreno en 10 sitios diferentes sub-muestras, que se mezclaron bien en un balde para de ahí sacar una muestra general de aproximadamente un kilo en una bolsa de plástico limpia, que se envió al laboratorio bien sellada y debidamente identificada (Figura 20). A la muestra se le realizó un análisis de caracterización con elementos menores. La metodología de laboratorio utilizada se encuentra en el anexo C.

**Figura 19. Recorrido para la recolección de las muestras de suelo.**



**Figura 20. Recolección de muestras de suelo para el análisis físico-químico**

b.



c.



**8.2.3. Toma de muestras de suelo para el análisis microbiológico.** Se tomaron dos muestras de suelo por parcela siguiendo el protocolo para toma de muestras de suelo de la norma ISO. Estas muestras se extrajeron con barreno, a una profundidad de 0 a 20 cm de profundidad, teniendo en cuenta que la mayoría de los microorganismos del suelo se desarrollan en mayor proporción en los primeros horizontes. Se recorrieron los lotes en zigzag tomando en 20 sitios diferentes sub-muestras que se mezclaron bien en un balde previamente desinfectado con alcohol y después lavado con agua destilada, para de ahí sacar una muestra de suelo de aproximadamente un kilo en una bolsa plástica limpia que se envió al laboratorio de microbiología bien sellada y debidamente identificada. Cada vez que se extrajo una sub-muestra se desinfectó el barreno con alcohol y se lavó con agua destilada para evitar que se contaminara la muestra (Figura 21).

**Figura 21. Recolección de muestras de suelo para el analisis microbiologico**



El análisis microbiológico incluyó: un análisis de grupos funcionales con un recuento de microflora total, recuento total de bacterias, recuento total de mohos y levaduras, recuento total de actinomicetos, recuento total de bacterias nitrificantes y clasificación hasta nivel de género de los microorganismos. La metodología empleada para el análisis microbiológico del suelo se encuentra en el anexo C.

**8.2.4. Selección de pesticidas a analizar.** Los pesticidas que hicieron parte del análisis, se seleccionaron de acuerdo a su intensidad de uso y con su capacidad de daño al medio ambiente y la salud humana. Para ello se realizaron visitas de campo para verificar con los agricultores de la zona cuales han sido los pesticidas más utilizados y cuales se utilizarían en las parcelas de estudio para el ensayo. Una vez identificados estos agroquímicos se consultaron las fichas técnicas de cada uno, para conocer algunos datos de interés como

su categoría toxicológica, su ecotoxicidad, su estructura química, su persistencia en el medio ambiente y las moléculas generadas por el compuesto después de degradarse.

#### **8.2.5. Determinación del número de muestras de agua para la cromatografía de gases.**

Dada la variabilidad inherente a los procedimientos bioanalíticos o analíticos convencionales y a los procedimientos de muestreo, una sola muestra es insuficiente para alcanzar un nivel razonable de confianza para la caracterización de un sistema en estudio. Por esto se definió una desviación estándar general, combinada para el muestreo y el análisis. El número de muestras requerido para una matriz móvil como el agua, se estimo de la siguiente manera:

$$N \geq (t \cdot S / (U)^2)$$

Donde:

$N$  = Número de muestras.

$T$  =  $t$  de *Student* para un intervalo de confianza dado.

$S$  = Desviación estándar general.

$U$  = Nivel aceptable de incertidumbre.

Según la fórmula el número de muestras para un intervalo de confianza del 95% debería ser de seis muestras por cada modelo de producción evaluado, pero tan solo se tomaron dos muestras de aguas por cada modelo, debido a las limitaciones económicas.

**8.2.6. Toma de muestras de agua para la cromatografía de gases.** Teniendo en cuenta que la  $LC_{50}^{96}$  es la concentración expresada en mg por L, de un elemento, o sustancia que en un tiempo de 96 horas, ocasiona la muerte del 50% de los organismos empleados en la prueba de laboratorio, se tomaron dos muestras de agua por parcela en un periodo que cubrió aproximadamente las 96 horas. Los resultados de las dos muestras de cada parcela se promediaron para obtener la concentración en el agua en las 96 horas y poder comparar estos resultados con la  $LC_{50}^{96}$  para peces de cada uno de los compuestos organofosforados evaluados. Las muestras fueron de tipo puntual o simple, tomadas en las dos parcelas dos meses después de la siembra del arroz, porque esta es la época de mayor aplicación de insecticidas. Las muestras fueron coleccionadas manualmente en el punto donde las aguas residuales de los cultivos desembocan a la red de drenaje del sistema de riego. La muestra blanco fue tomada en la bocatoma del distrito de riego. Se recolectaron cinco muestras en total, cada una de un litro, en frascos de vidrio color ámbar, con recubrimiento de teflón, para garantizar que no hayan sido usados con disolventes ni plaguicidas y debidamente marcados para facilitar la identificación en el laboratorio y evitar confusiones. Las muestras se reservaron en una nevera de icopor con hielo a 5°C y fueron entregadas al laboratorio en menos de dos horas después del muestreo.

### 8.3. DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

El uso de sustancias tóxicas como los plaguicidas, causa una larga lista de efectos e impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana, sin embargo este estudio solo se limitó a evaluar los impactos ocasionados en el suelo por la degradación de sus características químicas y microbiológicas, necesarias para el desarrollo óptimo de un cultivo; y a los impactos generados por la contaminación de las aguas con plaguicidas y su efecto sobre las poblaciones de peces. El alcance de la evaluación de los impactos ambientales se confino de esta forma, por no poder contar con recursos, tecnología e información que pudieran brindar referencia detallada de otros impactos sobre el medio ambiente, como por ejemplo la contaminación del aire, la muerte y degradación de otros organismos vivos y la de los seres humanos a corto y largo plazo y la posibilidad de encontrar sus respectivos costos.

**8.3.1. Determinación del impacto ambiental en el suelo por la utilización de plaguicidas.** Para determinar el impacto ambiental al suelo, se tomó como punto de referencia la degradación de sus características físico-químicas y microbiológicas. Para analizar el comportamiento de la microbiología del suelo, se tomó como punto de referencia el resultado de laboratorio de la muestra del lote en reconversión antes de la siembra, (una semana después de la aplicación de compost, BioFert y del EM) como un suelo con buenas características microbiológicas, para luego comparar los resultados de laboratorio de las muestras tomadas al final de la cosecha en cada lote y determinar que tanto cambió la microflora del suelo de cada lote, respecto a los niveles óptimos encontrados antes de la siembra. Esto con el fin de determinar la necesidad de corregir el suelo para recuperar los niveles microbiológicos óptimos, a través de la aplicación de compost, EM y BioFert.

Teniendo en cuenta que la microflora es clave para el ciclo de los nutrientes y la formación de humus orgánico, por lo tanto la disminución de las poblaciones de microorganismos, también impacta de manera importante las características químicas del suelo. Para determinar este impacto se tomaron los resultados de caracterización físico-química de las muestras tomadas al final de la cosecha en cada lote y se compararon con los resultados de la caracterización físico-química realizada al inicio del ensayo. A cada resultado se le hizo un análisis de fertilidad, de acuerdo con las pautas de Álvarez, 1979<sup>92</sup>, estableciendo el contenido de nutrientes de cada parcela, respecto con los requerimientos nutricionales del arroz. Finalmente se fijaron las medidas correctivas necesarias para mejorar la fertilidad del suelo.

---

<sup>92</sup> **ÁLVAREZ, O.J.:** Interpretación de análisis de suelo y bases para la aplicación de fertilizantes. Bogotá, 1979., p. 14.

**8.3.2. Determinación del impacto ambiental en el agua por la presencia de residuos de pesticidas categoría Toxicológica I y II.** Se cuantificó la presencia de los dos plaguicidas organofosforados, por medio de la cromatografía de gases. (La metodología empleada y las especificaciones del cromatógrafo utilizado, se especifican en el Anexo D).

Una vez obtenido los resultados de la cromatografía de gases, estos se compararon con la Concentración Letal Cincuenta (CL<sub>50</sub>) para peces, determinando así, si a esa concentración registrada se causa la muerte o no a las poblaciones de peces. De igual manera los resultados de la cromatografía se compararon con las normas que reglamentan los niveles permisibles de organofosforados en el agua para vertimientos al medio ambiente, con el fin de comprobar la necesidad de realizar un tratamiento de descontaminación previo a su desecho. Para determinar que las aguas utilizadas para el riego del arroz se contaminan por esta actividad se tomo una muestra llamada “Blanco” recolectada en la bocatoma del distrito de riego de la zona.

#### **8.4. TRANSFORMACION DEL IMPACTO AMBIENTAL QUE SE DETERMINO, EN UNIDADES ECONÓMICAS COMERCIALES.**

Para valorar económicamente y monetizar las modificaciones que se producen en el bienestar al cambiar la calidad del medio ambiente, existen unas herramientas que nos conducen a monetizar los cambios en el bienestar. Para el caso de este estudio, en particular se empleo el método de Los Costos Evitados o Inducidos.

**8.4.1. Método “Costos Evitados o Inducidos”.** Inicialmente se construyó la función lineal de cada uno de los modelos de producción del arroz, tanto en el modelo en reconversión como en el convencional, teniendo en cuenta las condiciones específicas de cada modelo de agricultura en la vereda la Bertha. En segundo lugar se construyeron las funciones de daño que recogen los costos de los impactos ambientales generados por el modelo convencional y el modelo en reconversión de producción de arroz. Una vez se tengan las funciones de producción del arroz y los costos ambientales de cada modelo de producción, se complementa la información necesaria para calcular los costos sociales de emplear un sistema de producción convencional de arroz, es decir, las funciones de producción del arroz tomaran ahora en cuenta los costos de impactar el medio ambiente.

- **Función de costos del impacto ambiental en la microbiológica del suelo.** Para hallar los costos en que incurre un agricultor en disminuir la población de microorganismos benéficos del suelo, se tomaron en cuenta los costos de recuperar dicha población a través de la aplicación de materia orgánica (compost) y de la aplicación de productos inoculantes de microorganismos benéficos, como el EM\*, hasta lograr llevar estos niveles a los encontrados en el suelo del lote orgánico antes de la siembra. El modelo es una función lineal, donde la variable dependiente en este caso es *Suelo microbiológicamente*

*Apto (SmA)* que representa las características microbiológicas óptimas que debe tener un suelo (poblaciones encontradas en suelo orgánico antes de la siembra), y las variables independientes son EM (Microorganismos Eficientes), BF (BioFert), y C (Compost) que representa la cantidad necesaria de cada uno de los anteriores elementos para obtener un suelo microbiológicamente apto. Una vez definida la cantidad de insumos necesarios para alcanzar una microflora adecuada, se valorarán los costos de la compra de estos.

$$SmA = EM + BF + C \text{ (función de costos por degradar el suelo)}$$

- **Función de costos del impacto ambiental por la degradación de las características químicas del suelo.** El modelo diseñado es una funcional lineal, donde se recoge el costo que resulta de deteriorar químicamente el suelo, teniendo en cuenta el costo de recuperación de dicho deterioro. Para ello se toma en cuenta el impacto ambiental al suelo por la degradación química y se calcula la cantidad de nutrientes (fertilizantes sintéticos y orgánicos, de acuerdo al modelo) necesaria para alcanzar los niveles óptimos en un cultivo de arroz, bajo cada tratamiento. La variable dependiente en este caso es *Suelo Apto (SA)* y representa las características nutricionales que debe tener una hectárea de suelo para el cultivo de arroz, y las variables independientes (N, P, K) representa la cantidad de nutrientes necesarias para que una hectárea de suelo tenga las características ideales para el cultivo. Una vez definida la cantidad de fertilizantes necesarios, se valorarán los costos de la compra de estos.

$$SA = N + P + K \text{ (función de costos por degradar el suelo)}$$

- **Funciones de costos del impacto ambiental sobre el agua.** Esta funcional lineal, recoge el costo de degradar el agua, a través de la determinación de los costos en que se incurrirían para disminuir los niveles de contaminación y lograr los límites reglamentarios para que estas aguas puedan ser vertidas al medio ambiente sin ninguna violación a la norma. La variable dependiente en este caso es *Agua con Condiciones para Verter al Medio Ambiente- (Acv)*. Por otro lado una de las variables independientes, es el costo del proceso por cada metro cúbico de agua contaminada que debe realizarse para alcanzar una calidad de agua adecuada para ser vertida al medio ambiente (*T*) y la otra variable independiente es el caudal de agua contaminada que resulta de la utilización de los dos plaguicidas organofosforados evaluados (*Cc*).

Teniendo en cuenta los costos en los procesos de descontaminar el agua, se establecerá el valor de contaminar el recurso hídrico. En primer lugar, se determino el caudal de agua contaminada a las concentraciones no permitidas. Una vez obtenido este dato, se multiplica la cantidad de metros cúbicos contaminados por el costo de tratamiento de cada uno.

$$Acv = T Cc$$

La cuarta función lineal, también recoge el costo que se incurre por contaminar el agua, teniendo en cuenta el costo de disminuir la producción pesquera, medida a través del número de peces adultos que morirían y su respectivo costo de cada uno. La variable dependiente es *-Agua Contaminada-* (AC) y la variable independiente es la cantidad de peces muertos (PM) a causa de los niveles de plaguicidas encontrados. Este número se multiplica por el costo del pescado en el comercio (\$), aproximándose al costo de contaminar el agua.

$$AC = PM * \$$$

La producción de arroz tanto convencional como en reconversión tiene una función de producción, a las cuales se les agregaron los resultados de las funciones de daño, que representa los costos que genera cada una por impactar el medio ambiente. Para nuestro caso serían cuatro funciones de daño:

1. La primera recoge el costo de degradar el suelo, representado en los costos de recuperar los niveles poblacionales de microorganismos del suelo.
2. La segunda, también recoge el costo de degradar el suelo, pero esta vez, representado en los costos en que debe incurrir el agricultor para recuperar los niveles óptimos de los elementos mayores en el suelo para el cultivo del arroz.
3. La tercera, determina los costos de contaminar el agua, representados en los costos en que debe incurrir el gobierno para que el agua pueda ser vertida al medio, sin ningún inconveniente, como por ejemplo los costos de tratamiento del agua a niveles de contaminación que la normatividad lo permita.
4. Y la cuarta, también determina los costos de contaminar el agua, representados en los costos de los daños sobre la producción y el valor privado resultante de la disminución de la actividad pesquera. Estos perjuicios están dados por una función del número de peces que morirían y su precio de compra en el mercado, dado unos niveles de contaminación.

Finalmente completada la información necesaria para determinar la rentabilidad se realizó un análisis costo- efectividad.

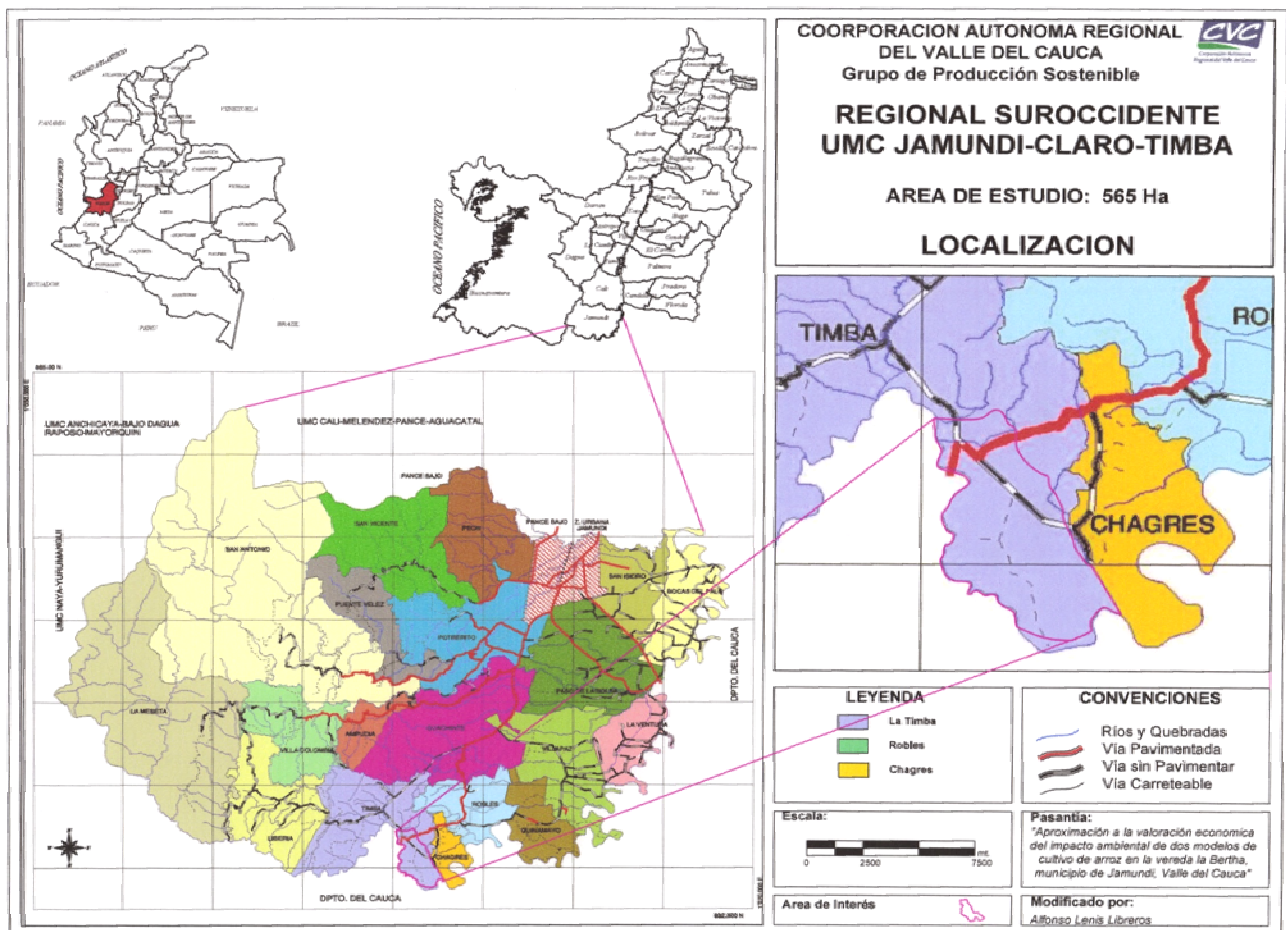


## 9. RESULTADOS

### 9.1. CARACTERIZACIÓN GENERAL

**9.1.1. Localización geográfica del área de estudio.** El estudio se realizó en la vereda la Bertha, que se ubica en la zona plana del corregimiento de Timba, al suroeste del municipio de Jamundí, sobre la vía que conduce al corregimiento de Timba (Valle), al corregimiento de La Balsa y norte del Cauca, a 25 Km. de distancia de la cabecera municipal (Figura 22). "La población de la vereda la Bertha es aproximadamente de 280 habitantes que conforman aproximadamente 70 familias campesinas" (DANE, 2005)<sup>93</sup> de escasos recursos, producto de un proceso de titulación de tierras con el INCORA.

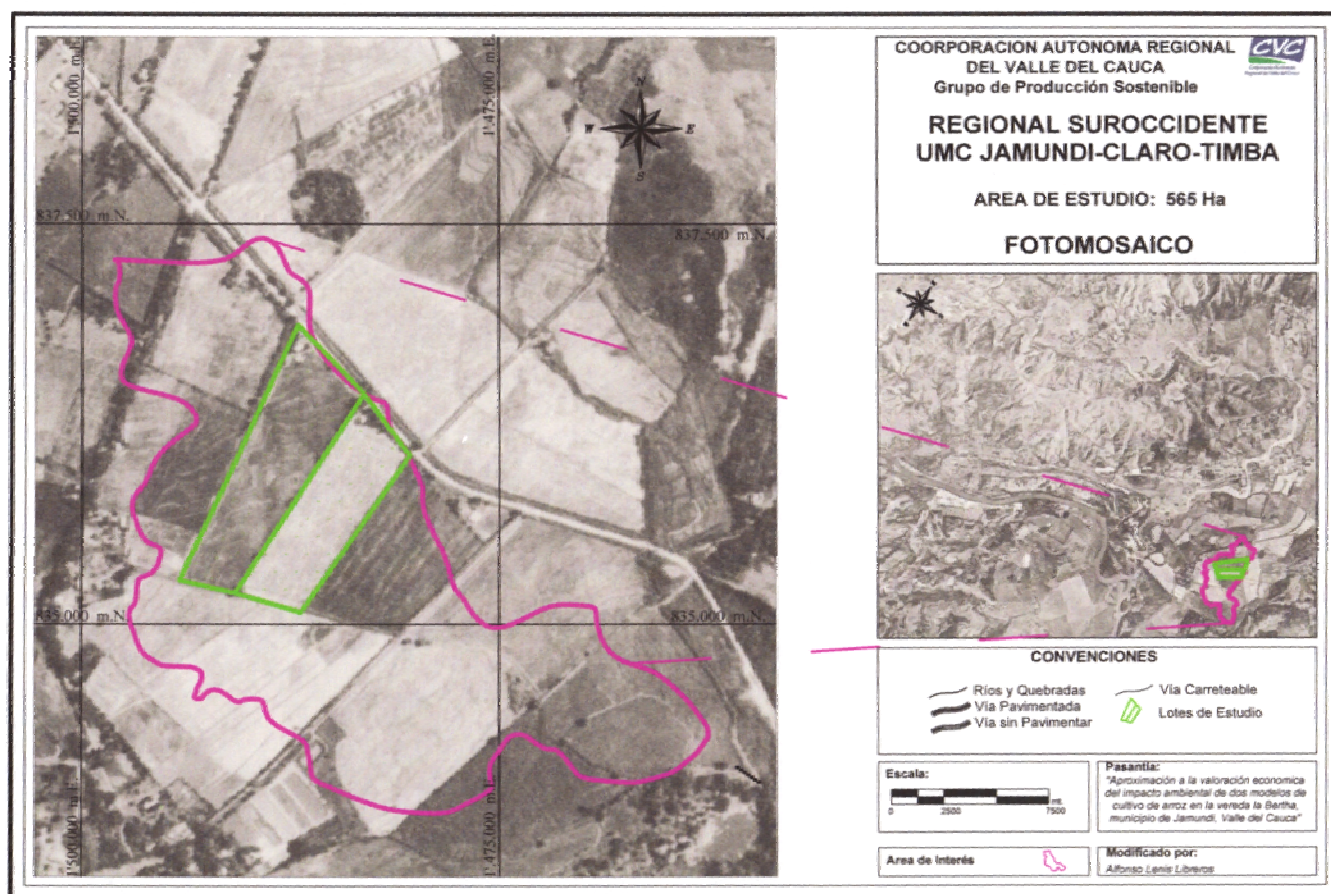
**Figura 22: Localización de la zona de estudio**



<sup>93</sup> DANE.: Censo Poblacional, por áreas y sexo, según departamentos y municipios 2005., p. 322.

La vereda La Bertha ocupa un área de 565 hectáreas, distribuidas así: 475 hectáreas en la zona plana y 90 hectáreas en zona de ladera. Esta superficie terrestre hace parte del sistema de drenaje en el cual las aguas escurren hasta un colector común. El área de estudio se definió no solo de acuerdo al drenaje del distrito de riego, sino también respecto al tipo de suelo, tomando como referencia el plano de estudio de suelo del IGAC, fotografías aéreas, los análisis de campo y laboratorio, además otro criterio para la delimitación de la zona de estudio era que se encontraran los dos modelos de cultivo a estudiar. El fotomosaico realizado (Figura 23), se basó en la fotografía aérea de la zona de estudio, el plano predial del IGAC y observaciones de campo.

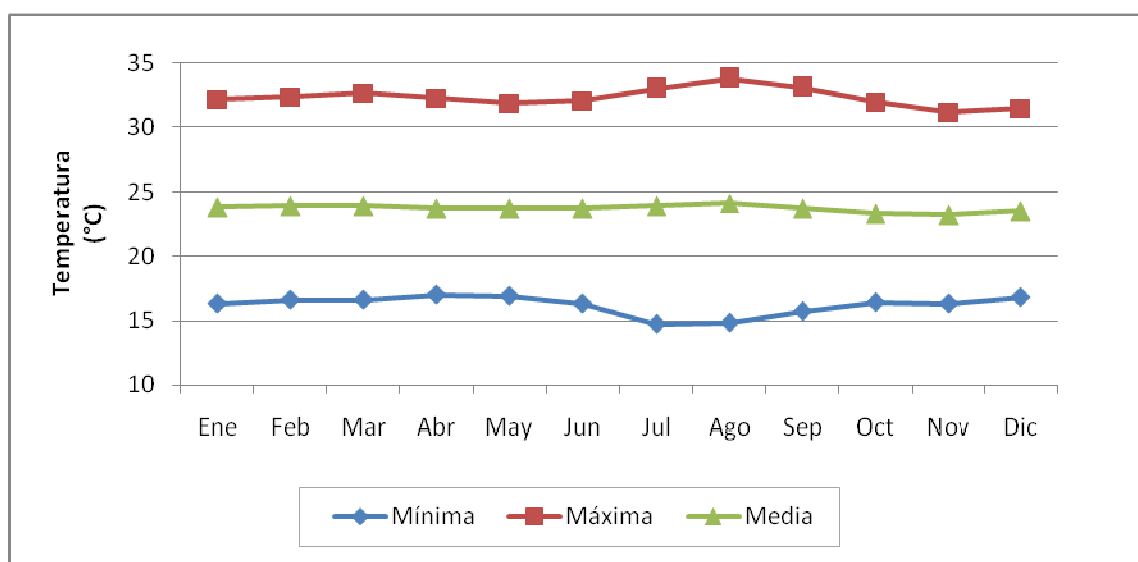
**Figura 23. Fotomosaico de la zona de estudio**



### 9.1.2. Componente abiótico

- **Climatología.** Las temperaturas mínimas oscilan entre 14.7 y 17 °C, las medias entre 23.2 y 24.1 °C y las máximas entre 33.8 y 31.2 °C. La mayor oscilación se presenta en el mes de Agosto con valores que van desde 14.8 hasta 33.8, mientras que la menor oscilación se presenta en Diciembre con valores de 16.8 y 31.5°. En términos generales, la tendencia de las temperaturas máximas, medias y mínimas a nivel mensual multianual son uniformes en todo el año (Figura 24).

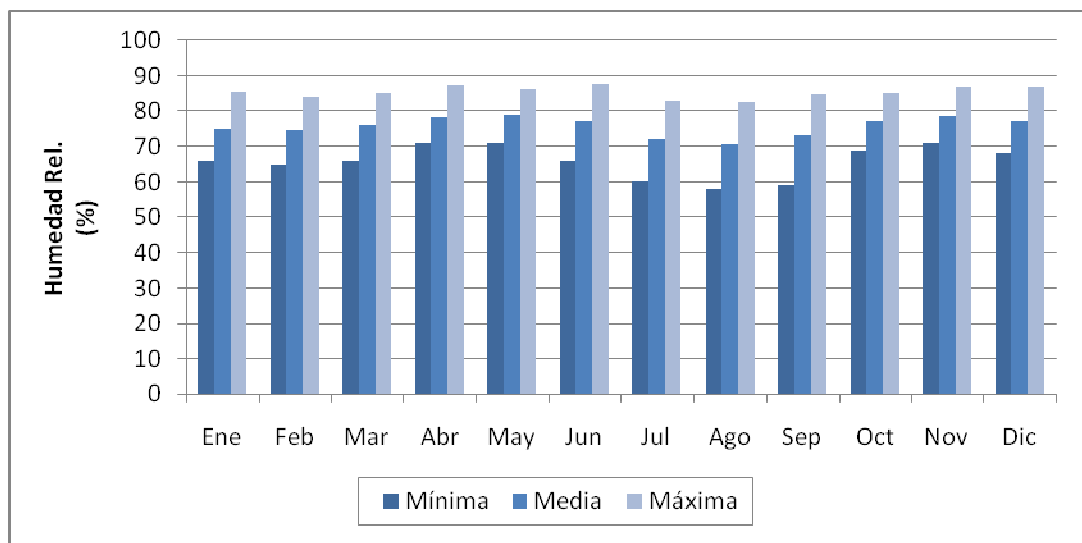
**Figura 24. Temperaturas mínimas, media y máxima mensual multianual**



**Fuente:** Estación: CIAT-QUILICHAO (CVC) Periodo: 1973 – 2005

La humedad relativa promedio mensual multianual en la zona de estudio varían entre el 58 y el 87.6%, con un promedio mensual multianual del 75.7%. Junio es el mes que presenta mayor porcentaje de humedad, mientras que agosto es el mes de menor humedad registrada. (Figura 25).

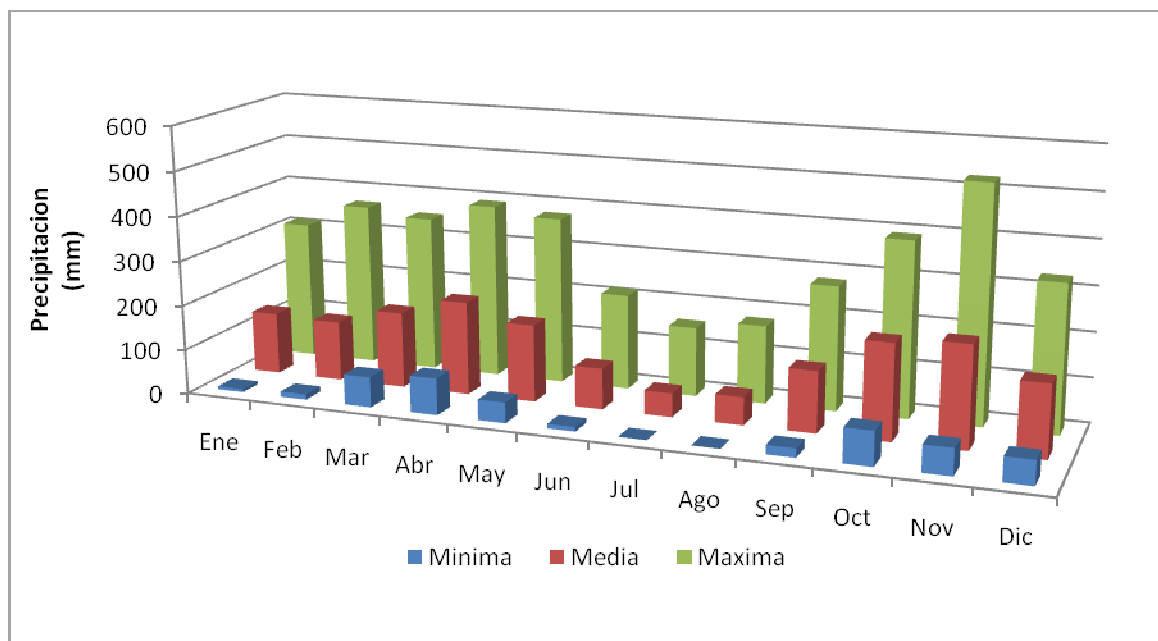
**Figura 25. Humedad relativa mínima, media y máxima mensual multianual**



**Fuente:** Estación: CIAT-QUILICHAO (CVC) Periodo: 1973 – 2005

En cuanto a la precipitación, se observa una distribución bimodal con dos periodos de altas precipitaciones (Marzo – Mayo y Septiembre – Noviembre) y dos periodos de bajas precipitaciones (Diciembre – Febrero y Junio – Agosto). El mes de Noviembre se constituye como el mes más húmedo con una precipitación media de 226.1 mm, mientras el mes de Julio con una precipitación media de 53.2 mm es el más seco. (Figura 26)

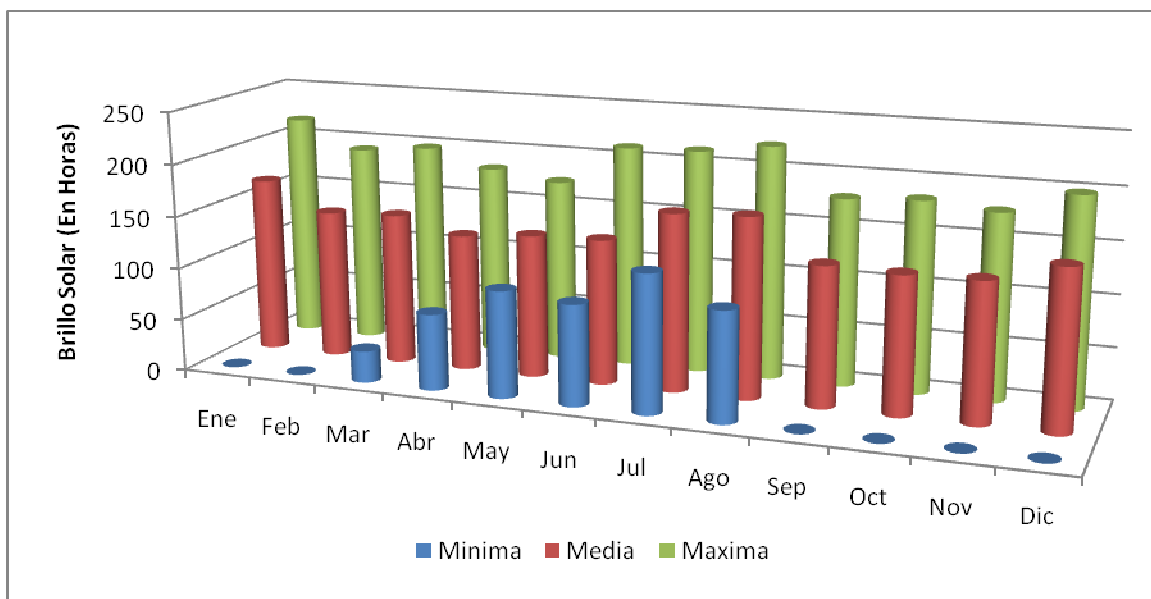
**Figura 26. Precipitación mínima, media y máxima mensual multianual**



**Fuente:** Estación: CIAT-QUILICHAO (CVC) Periodo: 1966 – 2006

Por otro lado, el brillo solar es menor en el periodo de Septiembre a Febrero, mientras los mayores valores de brillo solar se encuentran de marzo a Agosto. Este último es el mes más soleado con un valor promedio de 172.4 (Horas), mientras el mes menos soleado es Octubre con un valor promedio de 131.5 (Horas). (Figura 27)

**Figura 27. Brillo Solar Mínimo, Medio y Máximo Mensual Multianual**



**Fuente:** Estación: CIAT-QUILICHAO (CVC) Periodo: 1972 – 2001

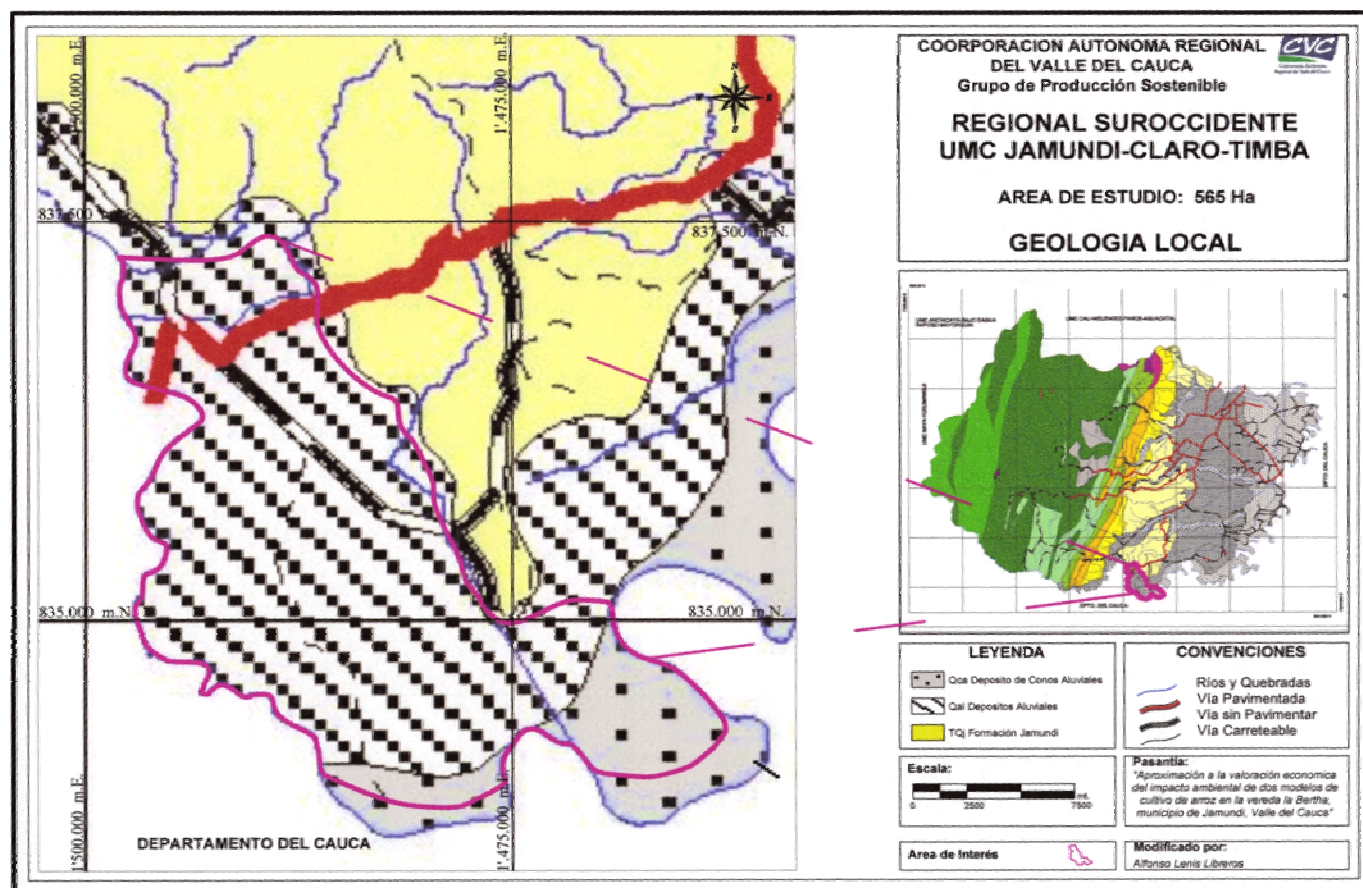
- **Suelos**

✓ **Geología.** El estudio de Cartografía Geológica mas importante en el área de la unidad de manejo de cuenca JAMUNDI-CLARO-TIMBA, que es el área de interés, es el desarrollado en los años 1980 a 1984, por Ingeominas y el servicio geológico de Gran Bretaña (BGS) por medio de una campaña de cartografía geológica con planchas a escala 1: 100.000, entre las cuales se encuentra la plancha 299 Jamundí. Aunque el área cartografiada de la plancha no es completa, la cartografía existente comprende prácticamente toda el área de manejo<sup>94</sup>; esto completado con los estudios posteriores de la CVC, y una delimitación cartográfica propia de la geología del corregimiento de Timba Valle, donde se ubica la zona de estudio, hace posible conformar el mapa geológico del área. (Figura 28)

<sup>94</sup> **CVC.**: Sistema de Información Geográfica de la Unidad de Manejo de Cuenca JAMUNDI-CLARO-TIMBA, CALI, 2003. 92 p.



**Figura 28. Geología de la vereda La Bertha**



El levantamiento Estratigráfico se ha desarrollado paralelamente con la cartografía geológica mencionada y especialmente con los trabajos de estandarización y normalización de la nomenclatura realizada por Nivia en 1999<sup>95</sup>. El resumen de la Estratigrafía del área de estudio se presenta en la Tabla 5.

**Tabla 5. Formaciones geológicas**

EDAD	TIPO DE ROCA	CODIGO	NOMBRE DE LA FORMACION	LITOLOGIA
<b>CUATERNARIO</b>				
	Sedimentos	Qca	Depósitos de conos aluviales	Gravas, arena y limos inconsolidados

<sup>95</sup> **NIVIA, A.:** Mapa Geológico del Departamento del Valle del Cauca, escala 1:250.000 con memoria explicativa. INGEOMINAS, 1999. 60 p.

		Qal	Depósitos aluviales	Arenas, limos y arcillas
		TQj	Formación Jamundí	Sedimentos inconsolidados de abanicos aluviales

A continuación se describen las características generales de cada una de las formaciones que afloran en la vereda La Bertha.

➤ **Depósitos de Conos Aluviales (Qca).** “Esta formación está constituida por gravas y gravas arenosas con capas relativamente delgadas de arena y esporádicamente lentes de limos. Se presenta gradación de tamaños a medida que se aleja del ápice, desde clastos que varían de los pocos centímetros a los 2-3 m de diámetro; igualmente se observa una ligera estratificación y decrecimiento en tamaño del clasto hacia el techo del depósito. Se puede decir que los abanicos son coalescentes (dos o más abanicos unidos lateralmente), o que un abanico está dividido por depósitos más recientes. Los conos aluviales, probablemente están asociados con los periodos de deglaciación en la era cuaternaria”<sup>96</sup>.

➤ **Depósitos Aluviales (Qal).** “Los depósitos aluviales consisten de materiales clásticos gruesos a muy gruesos, de gravas estratificadas de bien a regularmente seleccionadas, con niveles de gravas arenosas, arenas y lentes de limos. Los mayores depósitos aluviales están asociados al área de influencia directa de los cauces de los principales ríos, tales como los ríos Cauca y Timba. Los depósitos están conformados por gravas y arenas bien seleccionadas”<sup>97</sup>.

➤ **Formación Jamundí (TQj).** El nombre de la formación Jamundí es propuesto por Verdugo & Nivia<sup>98</sup>, para referirse a una secuencia de depósitos de abanicos no consolidados que aflora al sur de Cali. Keizer<sup>99</sup> se refiere a este cuerpo como Abanico de Jamundí. Estos abanicos se encuentran en una franja de cambio de pendiente entre la zona de piedemonte y la zona plana propiamente dicha; separados por sedimentos aluviales más recientes y a su vez cubriendo parcialmente sedimentitas terciarias. La Formación Jamundí, es horizontalmente inclinada hacia el este, conformada por depósitos

<sup>96</sup> NIVIA, A.: 1999. Op. Cit., p. 67.

<sup>97</sup> CVC.: 2003. Op. Cit., p. 93.

<sup>98</sup> VERDUGO, G. & NIVIA, A.: 1985. Reseña Explicativa del Mapa Geológico Preliminar, Plancha 299 – Jamundí. Ingeominas, Bogotá. ZONNEVELD, I. Land Evaluation and Landscape Science. Enschede: ITC, 1979., p. 33.

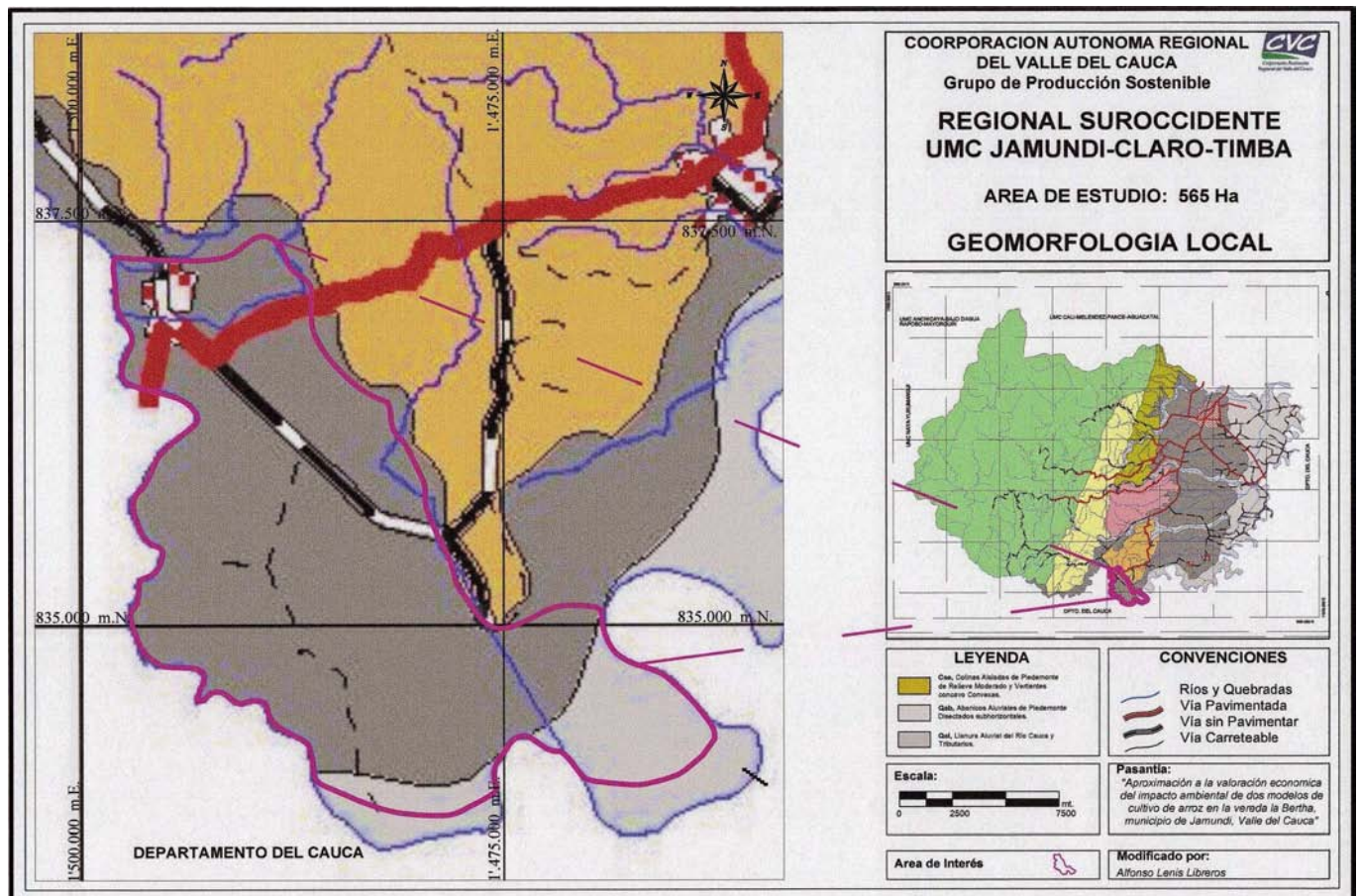
<sup>99</sup> KEISER, J. 1954. Contribución al Conocimiento de la Cordillera Occidental. La Geología del Flanco Oriental de la Cordillera Occidental en la Región de San Antonio, Municipio de Jamundí. *Valle del Cauca*. Informe 1046 (Inédito). Ingeominas Bogotá., p. 74.



de gravas y cantos no consolidados, pobremente seleccionados, compuestos por rocas de basaltos, chert, gabros, limolitas, conglomerados y areniscas; el tamaño de los clastos varia de unos pocos centímetros a 3 m. la matriz está constituida por arena y arcilla de colores rojizos. Hacia la parte superior la formación contiene horizontes de arenas y arcillas bien estratificadas.

✓ **Geomorfología.** Con base en el mapa geomorfológico realizado por El Sistema de Información Geográfica de la Unidad de Manejo de Cuenca *JAMUNDI CLARO TIMBA* de la CVC<sup>100</sup> y una delimitación realizada por el mismo autor sobre el mismo mapa de la geomorfología de la vereda la Bertha, hace posible conformar el mapa geomorfológico del área. (Figura 29).

**Figura 29. Geomorfología de la vereda La Bertha**



<sup>100</sup> CVC.: 2003. Op. Cit., p. 71.

Las unidades representadas en el mapa (Figura 29) se resume en la Tabla 6.

**Tabla 6. Unidades geomorfológicas**

CODIGO	UNIDAD GEOMORFOLOGICA
Qab	Abanicos aluviales de piedemonte disectados subhorizontales
Cse	Colinas aisladas de piedemonte de relieve moderado y vertientes cóncavo convexas
Qal	Llanura aluvial del río Cauca y tributarios

A continuación se describen las características generales de cada una de las unidades geomorfológicas que se presentan en la vereda La Bertha.

➤ **Llanura aluvial del Río Cauca y tributarios (Qal).** Esta llanura aluvial corresponde con la zona plana de la margen izquierda del río Cuaca, la cual es mas angosta que la margen derecha; se caracteriza por ser una superficie plana con ligera inclinación general al oriente; modelada por depósitos aluviales del río Cauca y principales afluentes, conformada por gravas, arenas finas, limos y arcillas. Esta llanura ha sido conformada por el hombre para la agricultura semi – intensiva e intensiva, principalmente en la adecuación de cauces para la agricultura mecanizada. Por lo tanto los procesos que afectan esta unidad han sido principalmente de carácter antrópico, generados por el uso de los suelos, predominantemente en la explotación de cultivos permanentes de caña y arroz. Esto hace que la unidad presente un grado de intervención muy alto<sup>101</sup>.

➤ **Abanicos aluviales disectados subhorizontales (Qab).** Comprende los abanicos y/o conos de deyección, terrazas y llanuras aluviales productos de la actividad de los tributarios del río Cauca; estos depósitos provienen de la remoción en masa de la parte media y alta de la cordillera occidental, por medio de valles estrechos que depositan su material aleatoriamente cuando la pendiente se suaviza en la zona de piedemonte. Estas son por lo tanto geoformas acumulativas, con pendientes que oscilan entre 2° y 5° hacia el oriente predominante. Los sedimentos presentan gradación de bloques, guijos y guijarros en la parte más alta de la unidad a sedimentos más finos como arenas, limos y arcillas en la parte más distal, donde se interdigitan con los depósitos de la llanura aluvial del río Cauca. Los procesos observados son la socavación y la profundización local de los cauces actuales, lo cual produce la disección o separación de los abanicos<sup>102</sup>.

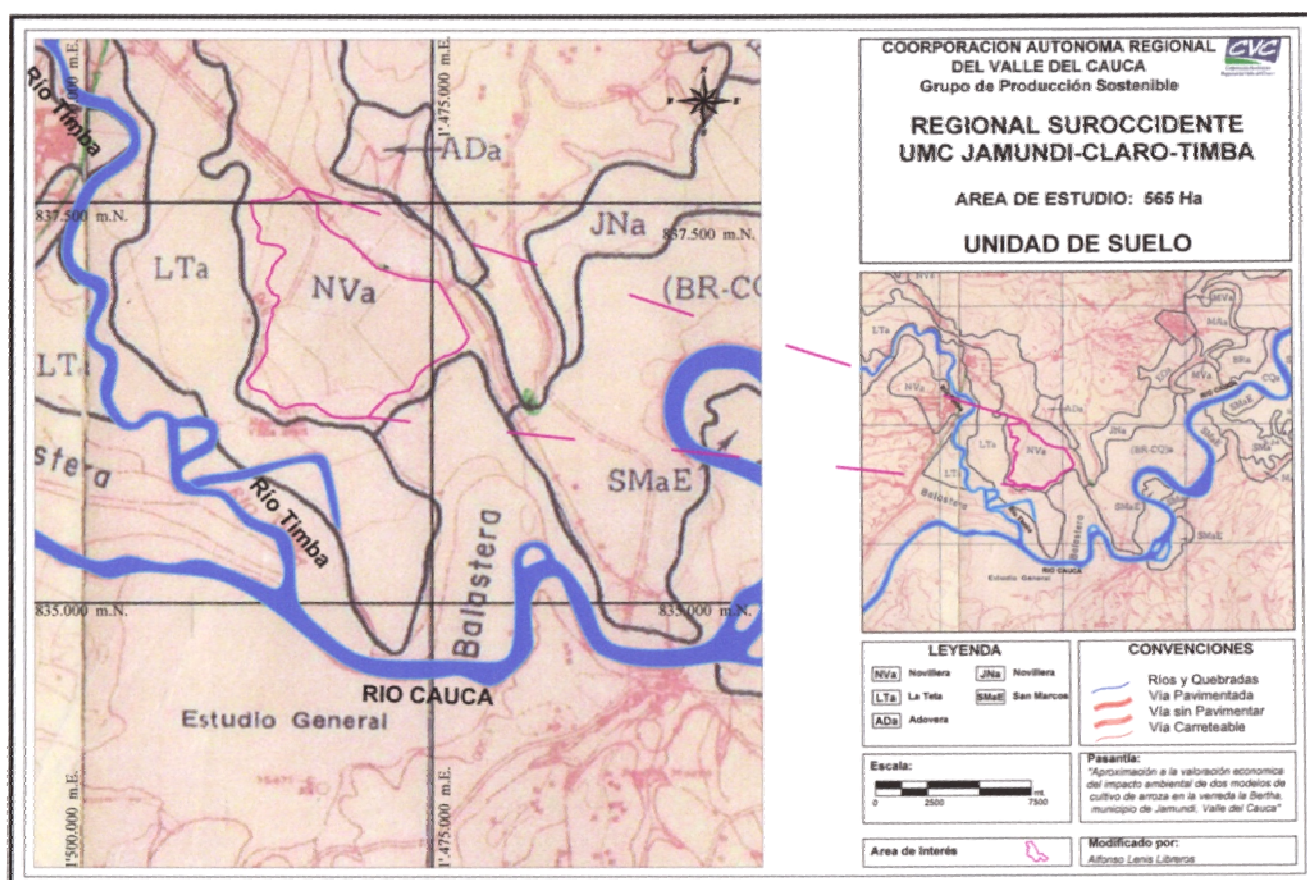
<sup>101</sup> CVC.: 2003. Op. Cit., p. 44.

<sup>102</sup> CVC.: 2003. Ibíd., p. 49.

➤ **Colinas aisladas (separadas) de piedemonte de relieve moderado y vertientes cóncavo convexas (Cse).** “Esta unidad se presenta totalmente separada del piedemonte cordillerano por acción ríos Guachinte, Timba y sus afluentes. Las alturas de esta colina aislada no sobrepasan los 200 metros con respecto al nivel base que es la zona plana que la rodea; las vertientes son cóncavo convexas, su red hídrica es escasa, subdendrítica y con pendientes entre 12 y 25% la mayoría entre 25 y 50% en lagunas zonas”<sup>103</sup>.

✓ **Unidad de suelo.** De acuerdo con el estudio semi-detallado de suelos del IGAC – CVC 1980<sup>104</sup>, la fotointerpretación y la consulta de los mapas cartográficos de la zona de estudio, la unidad de suelo puro (conjunto de suelo) en donde se ubicaron los lotes para el estudio pertenece a la consociación Novillera (NV). (Figura 30)

**Figura 30. Unidad de Suelo en los lotes de estudio**



<sup>103</sup> CVC.: 2003. Op. Cit., p. 22.

<sup>104</sup> IGAC - CVC. Estudio Semidetallado de Suelos Del Valle Geográfico Del Río Cauca. Bogotá. 1980. 130 p.

➤ **Consociación Novillera (NVa).** Los suelos de este conjunto se encuentran en el delta abanico de Jamundí. El material de origen está constituido por sedimentos aluviales finos. Son suelos con buena estructura en el horizonte A; moderadamente profundos a profundos, limitados en su profundidad efectiva por saturación con agua a partir de los 90 cm de profundidad; el drenaje natural es imperfecto. El color del horizonte A varía de pardo grisáceo muy oscuro a amarillo pardusco; el color del horizonte C es gris a amarillo oliva a amarillo pardusco, con manchas pardo grisáceas oscuras y amarillo parduscas. A nivel del horizonte A se presentan concreciones de hierro y manganeso. Químicamente son suelos de relación calcio magnesio normal, en los primeros horizontes y estrecha a invertida, en los horizontes inferiores, capacidad catiónica de cambio alta; saturación total muy alta, reacción mediana y ligeramente ácida<sup>105</sup>.

**Orden de Suelo.** “La clasificación taxonómica se fundamenta en la presencia de epipedón mólico; horizonte subsuperficial cámbico; porcentajes altos de arcilla en casi todo el perfil; régimen de humedad del suelo údico y saturación de bases mayor de 50% en todo el perfil” (IGAC – CVC. 1980)<sup>106</sup>. El orden del suelo en el cual se ubicaron los lotes para el estudio es Inceptisols. (Figura 31)

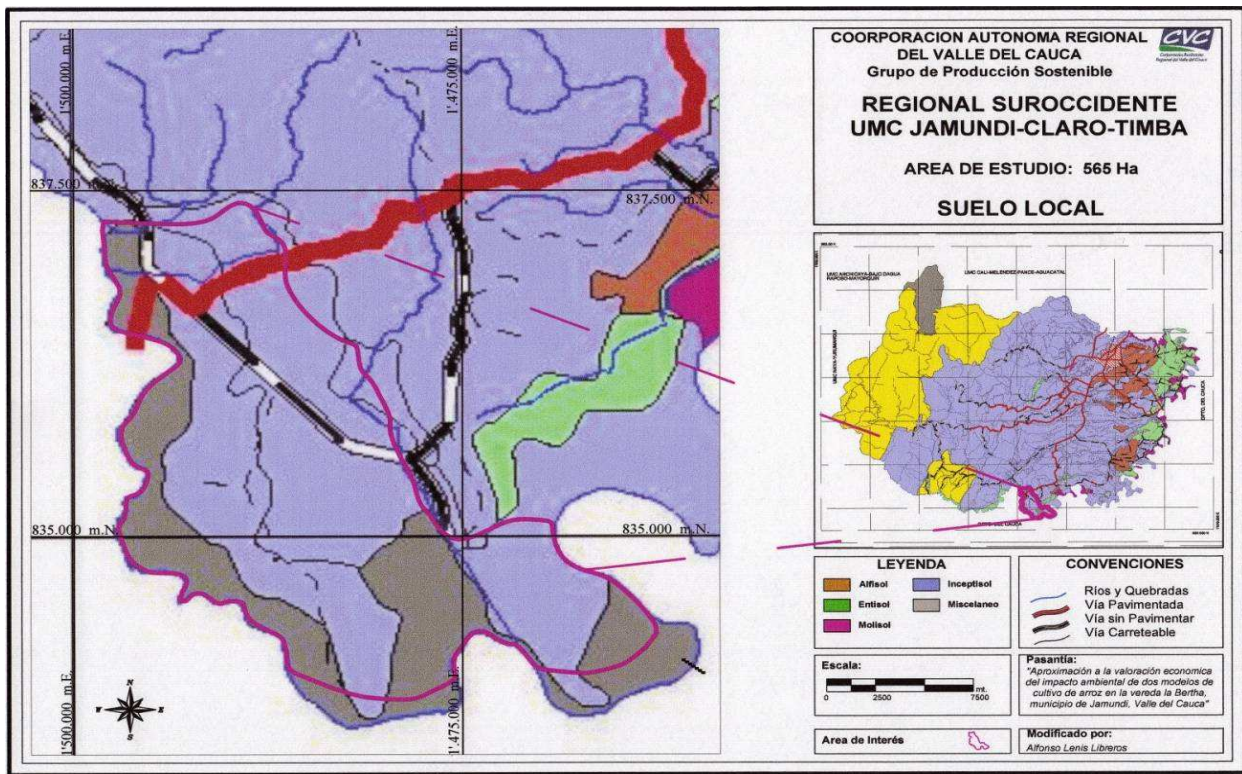
---

<sup>105</sup> IGAC – CVC. 1980. *Ibíd.*, p. 69.

<sup>106</sup> IGAC – CVC. 1980. *Ibíd.*, p. 72.



**Figura 31. Orden del suelo en la zona de estudio**

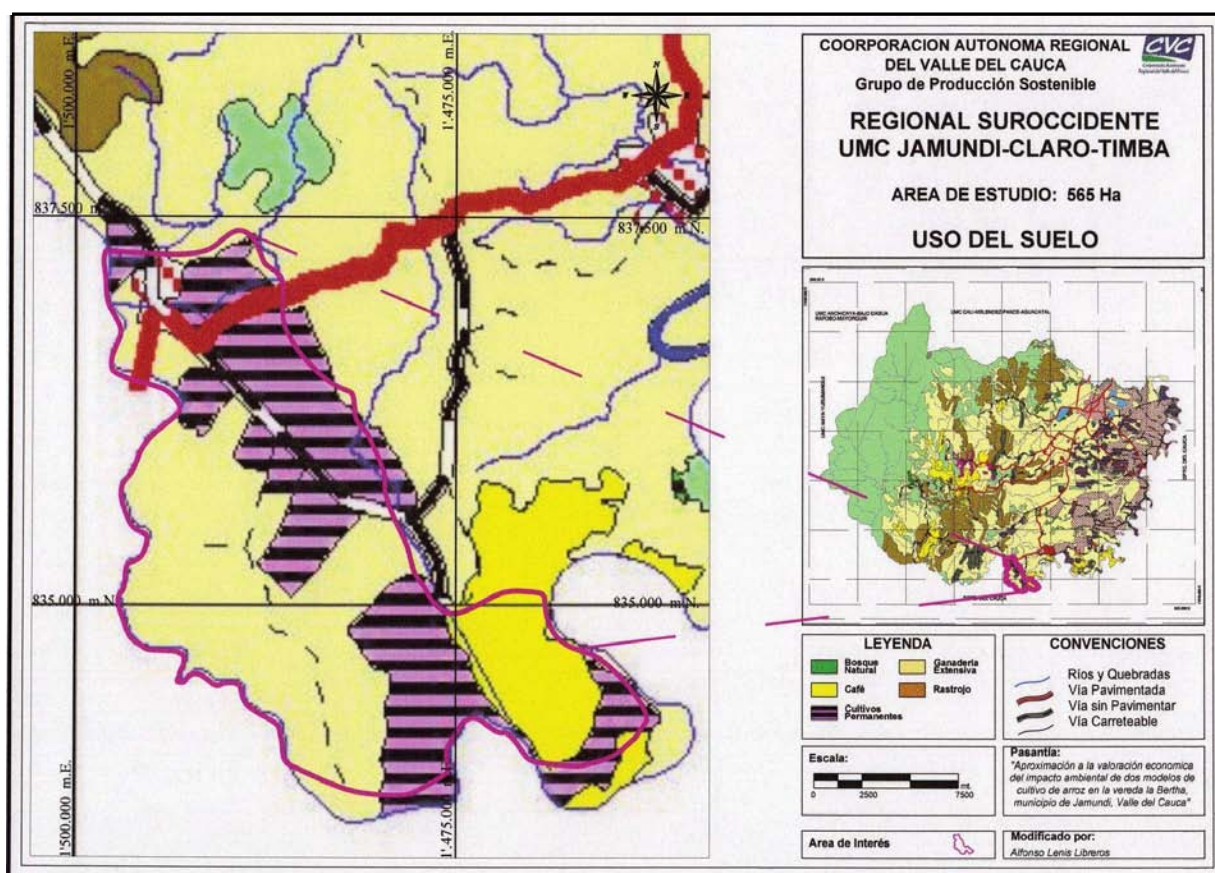


➤ **Inceptisols.** “Son suelos minerales de desarrollo incipiente, de poco profundos a muy profundos; el horizonte superficial es de colores claros (epipedón ócrico) o de colores oscuros (epipedón úmbrico) y el subsuelo tiene un horizonte alterado (horizonte cámbico) de textura franco arenosa muy fina a arcillosa, con estructura de suelo o ausencia de estructura de roca por lo menos en la mitad del volumen; con inundaciones ocasionales y prolongadas en algunas áreas, donde el contenido de aluminio fluctúa de alto a medio. Se presentan en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad se presenta de muy baja a alta. Son desarrollados de sedimentos aluviales, fluviales, coluviales, de cenizas volcánicas, de rocas básicas y ácidas. La textura superficial de estos suelos varía de acuerdo a su ubicación. En algunas regiones sus texturas son de arena franca hasta arcillosa, con coloraciones de pardo a pardo rojizo y pardo grisáceo; mientras en otras es generalmente de franco arcilloso a arcilloso, con coloraciones de pardo claro a pardo rojizo y grisáceo. La textura y la coloración del subsuelo varían también de acuerdo a su ubicación y material de origen. En algunas regiones la textura es arcillosa con coloraciones grises claros, en cambio en otras su textura y coloración es franco arcilloso y franco arcillo arenoso, pardo oscuro y en algunos casos con coloraciones pardo rojizo oscuro, las profundidades son de poco

profundo a muy profundo (60 a >120 cm). En algunas áreas donde se encuentran estos suelos las inundaciones son frecuentes y prolongadas durante la estación lluviosa”<sup>107</sup>.

✓ **Uso del Suelo.** “Geomorfológicamente el área donde se ubican los lotes del estudio, corresponde a la llanura aluvial del río Cauca y sus afluentes, perteneciente a la zona plana y donde existe un uso agrícola intensivo con alto grado de mecanización basado en la explotación de la caña de azúcar y algunos cultivos temporales como el arroz y en menor proporción sorgo, maíz, café y soya. También existen prácticas de ganadería extensiva, algunos parches de bosque natural y rastrojo”<sup>108</sup>. (Figura 32)

**Figura 32. Uso Actual**



<sup>107</sup> USDA.: Claves de Taxonomía de Suelo Comité para Reconocimiento de Suelos, Departamento de Agricultura de los EE.UU, 1994., p. 113.

<sup>108</sup> CVC.: 2003. Op. Cit., p. 97.

- **Hidrología**

✓ **Descripción del Sistema de Riego.** Debido al asentamiento de las comunidades y el desarrollo de las actividades productivas, la CVC en el año de 1986 construye un sistema de riego y drenaje para el abastecimiento de agua para usos agrícolas e inicia un proceso de concesión de aguas a las empresas o asociaciones comunitarias existentes en la zona. Las aguas de este sistema son captadas del río Timba y drenadas al río Cauca por una serie de canales que recorren los diferentes predios donde se practican actividades agrícolas. Actualmente este distrito de riego presenta deficiencias en el sistema de drenaje.

Por resolución N° DRSOC-000116 de Mayo 4 de 2001, la CVC cancela la concesión de aguas que fueron adjudicadas a las empresas comunitarias; la CVC realizó varias reuniones motivando a los propietarios de los predios para que solicitaran concesión de aguas individualmente para legalizar el aprovechamiento y obtener respectivas resoluciones. Considerando el ordenamiento para los predios que en este caso hicieron parte del estudio de la siguiente manera (Tabla 7):

**Tabla 7. Ordenamiento del distrito de riego de las dos parcelas de estudio**

USUARIO	PREDIO	FUENTE	RESOLUCIÓN	CAUDAL L/s
José Joel Toro	Limonar	Canal La Bertha	DRSOC 289	3.2
José Harvy Basan	Renacer	Canal La Bertha	DRSOC 277	5.0

Si se tienen en cuenta todos los caudales de cada uno de los predios que se abastecen del sistema de riego, el caudal asignado hasta la fecha es de  $Q = 222.90$  L/s. El caudal que se considero para el diseño de la captación es  $Q = 300$  L/s, lo que nos indica que existe un remanente de  $Q = 77.1$  L/s.

La red de canales de drenaje de la Bertha tiene una longitud de 7.974 m, mientras que la red de canales de riego tiene una longitud de 9.409 m, incluyendo los tres tipos de canales (Secundarios, Terciarios y Menores). Actualmente el sistema de riego es administrado por la misma comunidad, a través de la Junta Administradora del Distrito de Riego legalmente constituida y los usuarios pagan un costo a la CVC por la utilización del sistema de riego.

✓ **Calidad del Agua del Sistema de Riego.** Se muestrearon cinco puntos relevantes para el estudio los cuales fueron: La bocatoma, La entrada y salida de agua del cultivo en reconversión y de igual forma en el cultivo convencional, como se muestra en la Figura 18. Los parámetros evaluados fueron: pH, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos,

Conductancia Específica y bacteriológicos tales como Coliformes Fecales y Coliformes Totales. (Tabla 8)

**Tabla 8. Caracterización de las aguas del distrito de riego**

PARÁMETROS	UNIDADES	SITIO 1*	SITIO 2*	SITIO 3*	SITIO 4*	SITIO 5*
Ph	Unidades	7.02	7.11	7.04	6.99	6.56
Sólidos Suspendidos	Mg SS/L	13.5	31.60	22.0	22.0	115.63
Sólidos Disueltos	Mg SD/L	108.50	73.40	65.0	56.0	71.37
Conductancia Específica	ms/cm	91.50	77.30	91.7	93.9	90.50
Coliformes Totales	NMP	6.60E+04	1.10E+07	1.10E+05	6.60E+04	6.60E+02
Coliformes Fecales	NMP	1.50E+04	2.10E+06	1.10E+05	6.60E+04	1.50E+02

1\* = Entrada de agua al cultivo reconversión

2\* = Salida de agua del cultivo reconversión

3\* = Entrada de agua al cultivo convencional

4\* = Salida de agua del cultivo convencional

5\* = Bocatoma (Blanco)

De acuerdo a la Tabla 8 el pH de las aguas se aumenta a medida que el agua hace el recorrido por el distrito de riego, aunque estos valores están acordes con los límites admisibles que se establecen en el Acuerdo 014 de 1976 de la CVC que establece los índices relativos a la calidad del agua para usos agrícolas y el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud en cuanto a usos del agua y vertimiento de residuos líquidos. Mientras que los Sólidos Suspendidos se disminuyen, dando cuenta de un proceso de decantación durante el recorrido del agua por el distrito. En cuanto a los Coliformes tanto fecales como no fecales, se presentaron valores muy altos en los puntos de muestreo de entrada y salida de agua en cada uno de los lotes de estudio, incluso estos valores superaron los límites permisibles según la normatividad nacional, el Acuerdo 014 de 1976 de la CVC que establece los índices relativos a la calidad del agua del distrito de riego y el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud en cuanto a usos del agua y vertimiento de residuos líquidos, es decir, que estas aguas no son aptas ni para usos agrícolas ni para usos recreativos por contacto primario ni secundario. Aunque en el punto de la bocatoma del distrito de riego tanto los Coliformes fecales como los no fecales se registraron por debajo de los límites admisibles por la normatividad, dando cuenta, que el proceso de degradación del agua por presencia de bacterias se presenta a medida que el agua recorre cada una de las fincas y veredas.



### 9.1.3. Componente biótico

✓ **Flora.** Según el levantamiento de información del Grupo de Biodiversidad de la CVC en las cuencas de los ríos Claro y Timba, las especies de flora más representativas que se encuentran se muestran en la tabla 9.

**Tabla 9. Especies de flora más representativas en la zona de estudio**

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Roble Morado	<i>Trigonobalanus excelsa</i>
	<i>Monnina subscandens</i>
	<i>Faramea oblongifolia</i>
Cascarillo	<i>Ladenbergia oblongifolia</i>
	<i>Palicourea calophlebia</i>
	<i>Psychotria longirostris</i>
	<i>Rufiramea standley</i>
Manteco	<i>Laetia americana</i>
	<i>Aphelandra pharangophila</i>
	<i>Pithecellobium dulce</i>
	<i>Pithecellobium lanceolatum</i>
Burilico	<i>Xylopia ligustrifolia</i>
Jagua	<i>Genipa americana</i>
Higueron	<i>Ficus glabrata</i>
	<i>Casearia combaymensis</i>
	<i>Tillandsia juncea</i>
	<i>Tillandsia mima</i>
	<i>Tillandsia usneoides</i>
	<i>Guadua angustifolia</i>
Verdadera Caminadora	<i>Rottboellia exaltata</i>
Falsa Caminadora	<i>Ischaemum rugosum</i>
Liendre Puerco	<i>Echinochloa colona</i>
Guarda Rocío	<i>Digitaria sanguinalis</i>
Bledo	<i>Amarantus dubius</i>
Chilinchil	<i>Cassia tora</i>
Dormidera	<i>Mimosa pudica</i>
Batatilla	<i>Ipomea sp</i>
Fosforito	<i>Kyllinga brevifolia</i>
Cortadera	<i>Cyperus ferax</i>
Barba de Indio	<i>Fimbristylis ferax</i>

➤ **Flora Acuática.** las plantas acuáticas mas representativas en la zona de estudio se nombran en la Tabla 10.

**Tabla 10. Plantas acuáticas más comunes en la zona de estudio**

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Buchón de Agua o Hacinto de Agua	<i>Eichhornia crassipes</i>
Lechuguilla	<i>Pistia stratiotes</i>
Tabaquillo	<i>Polygonum densiflorum</i>
Pasto	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
Loto	<i>Nymphaea alba</i>
Helecho	<i>Chara sp</i>
Lentejilla	<i>Wolffiella sp</i>

✓ **Fauna.** Por otro lado los levantamientos hechos por la CVC en cuanto a la fauna de mayor representatividad en la cuenca de los ríos Timba y Claro se muestran en la Tabla 11.

**Tabla 11. Fauna de mayor representatividad en la cuenca de los ríos Timba y Claro**

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Rana	<i>Hyla columbiana</i>
Iguaza	<i>Dendrocygna bicolor</i>
Iguaza Careta	<i>Dendrocygna viduata</i>
Pato de los Torrentes	<i>Merganetta armata</i>
Pato Tigre ó Pato Enmascarado	<i>Oxyura dominica</i>
Pato Brasileiro	<i>Sarkidiornis melanotos</i>
Pellar	<i>Vanellus chilensis</i>
Garzón Azúl	<i>Ardea cocoi</i>
Garza de Espalda Verde	<i>Butorides striatus</i>
Garza Blanca Grande	<i>Casmerodius albus</i>
Garcita Azúl	<i>Egretta caerulea</i>
Garcita	<i>Ixobrychus exilis</i>
Garza Negra	<i>Nycticorax nycticorax</i>
Garza Tigrada	<i>Tigrisoma lineatum</i>
Paloma Torcaza ó Torcaza Naguiblanca	<i>Zenaida auriculata</i>
Águila Ratonera	<i>Buteo magnirostris</i>
Águila Pescadora	<i>Pandion haliaetus</i>
Halcon Caracolero	<i>Rostrhamus sociabilis</i>

	<i>Aramus guarauna</i>
Pato Agua	<i>Anhinga anhinga</i>
Carpintero Listado	<i>Dryocopus lineatus</i>
Zambullidor	<i>Podilymbus podiceps</i>
Catanica	<i>Aratinga wagleri</i>

➤ **Fauna Íctica.** Las aguas residuales que drenan del Distrito de Riego son descargadas a al río Cauca; por tal motivo se nombran las especies de peces que se presentan en este. Según estudios realizados por el Grupo de Biodiversidad de la CVC, en el río Cauca alberga las siguientes especies de peces en la parte alta de la cuenca que se encuentran en la Tabla 12.

**Tabla 12. Especies de peces que se encuentran en la parte alta de la cuenca el río Cauca**

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Bagre sapo	<i>Pseudopimelodus bufonius</i>
Barbudo	<i>Pimelodus clarias</i>
Guabina ó Barbudo negro	<i>Rhamdia quelen</i>
Barbudito	<i>Nannorhamdia nemacheir</i>
Capitan	<i>Cetopsorhamdia boquillae</i>
Capitan	<i>etopsorhamdia nasus</i>
Capitan	<i>Cetopsorhamdia molinae</i>
Barbul, Charry, Capaz	<i>Pimelodus groskopfii</i>
Micudo	<i>Rhamdella macrocephala</i>
Bocaesapo, Roño	<i>Callichthys fabricioii</i>
Negro	<i>Astroblepus grixalvii</i>
Negrito	<i>Astroblepus chapmanii</i>
Negrito	<i>Astroblepus nicephori</i>
Negro	<i>Astroblepus chotae</i>
Negrito	<i>Astroblepus micrescens</i>
Negrito	<i>Astroblepus cyclopus</i>
Negrito	<i>Astroblepus unifasciatus</i>
Jabón, Lángara	<i>Pygidium caliense</i>
Lángara	<i>Pygidium chapmanii</i>
Lángara	<i>Pygidium striatum</i>
Lángara	<i>Pygidium retropine</i>
Sangujuela	<i>Branchioica phaneronema</i>
Corroncho	<i>Lasiancistrus sp</i>
Corroncho	<i>Pseudoancistrus daguae</i>
Cucha real	<i>Panaque gibbosus</i>

Corroncho	<i>Pterygoplichthys undecimalis</i>
Cucha	<i>Chaetostoma fischerii</i>
Corroncho	<i>Chaetostoma leucomelas</i>
Corroncho	<i>Lasiancistrus caucanus</i>
	<i>Cordilancistrus sp</i>
	<i>Ancistrus centrolepis</i>
Lapicero	<i>Loricaria filamentosa</i>
Alguacil, Cohete	<i>Loricaria magdalenae</i>
Cohete	<i>Sturisoma leigthonii</i>
Rollizo	<i>Parodon caliense</i>
Rollizo	<i>Saccodon cauae</i>
Bocachico	<i>Prochilodus magdalenae</i>
Jetudo	<i>Ichthyoelephas longirostris</i>
Moino	<i>Leporinus muyscorum</i>
Rayado	<i>Leporellus vittatus</i>
Sabaleta	<i>Brycon henni</i>
Sardinata, Sábalo	<i>Brycon moorei</i>
Sardinita	<i>Creagrutus brevipinnis</i>
Sardinita	<i>Creagrutus caucanus</i>
Picuda	<i>Salminus affinis</i>
Sardina	<i>Roeboides dayii</i>
Sardinita	<i>Argopleura magdalenensis</i>
Coliroja	<i>Astyanax microlepis</i>
	<i>Astyanax aurocaudatus</i>
Rabicolorada	<i>Astyanax fasciatus</i>
Sardina	<i>Bryconamericus caucanus</i>
Sardina	<i>Bryconamericus sp</i>
Sardina	<i>Hemibrycon dentatus</i>
Sardina	<i>Hemibrycon boquillae</i>
Sardinita	<i>Hyphesobrycon poeciloides</i>
Sardinita	<i>Microgenys minutus</i>
Sardinita	<i>Gephyrocharax caucanus</i>
Juanviejo	<i>Roeboides cauae</i>
Boquiancha	<i>Genycharax tarpon</i>
Rollicito	<i>Characidium fasciatum</i>
Rollicito	<i>Characidium caucanum</i>
Rollicito	<i>Characidium phoxocephalum</i>
Gupi	<i>Mollinesia caucana</i>
Pipona	<i>Priapichthys caliensis</i>

Dentro de las especies trasplantadas encontramos las siguientes (Tabla 13):

**Tabla 13. Especies trasplantadas en la parte alta de la cuenca del río Cauca**

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Mojarra amarilla	<i>Caquetaia kraussii</i>
Luminosa	<i>Aequidens pulcher</i>
Luminosa	<i>Aequidens latifrons</i>
Gupi	<i>Poecilia reticulata</i>
Plati	<i>Xiphophorus helleri</i>
Agujeta	<i>Ctenolucius hujeta</i>
Cachama	<i>Colossoma macropomun</i>
Corroncho, Coroncoro	<i>Hypostomus plecostomus</i>

Y dentro de las especies introducidas se destacan las siguientes (Tabla 14):

**Tabla 14. Especies introducidas en la parte alta de la cuenca del río Cauca**

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Tilapia nilótica, Mojarra	<i>Oreochromis niloticus</i>
Tilapia roja	<i>Oreochromis roja</i>
Tilapia blanca, Melano	<i>Tilapia rendalli</i>
Tilapia negra	<i>Oreochromis mossambicus</i>
Chalapa o Gurami	<i>Trichogaster trichopterus</i>

## **9.2. DISEÑO DEL ENSAYO PARA LA COMPARACIÓN DE LOS DOS MODELOS DE CULTIVO DE ARROZ**

**9.2.1. Selección de los lotes para el estudio.** Inicialmente se ubicaron cuatro predios, basándose en el mapa semi-detallado de suelos para la zona de estudio, realizado por IGAC-CVC en el año de 1980. Los lotes se ubicaron en la consoación de suelo denominado Novillera (Nva). (Figura 30)

Como resultado de la fotointerpretación, se identificaron dos posibles variaciones del suelo, donde se ubicaron preliminarmente las cuatro parcelas. En estas se realizaron observaciones de campo para seleccionar las dos parcelas con más alto grado de similitud entre sí. En los cuatro lotes se realizaron barrenadas para construir el perfil del suelo y efectuar su caracterización (Figura 33).

**Figura 33. Construcción del perfil del suelo en las cuatro parcelas**

A.



B.



C.



En los lotes examinados se obtuvieron suelos del mismo tipo, aunque con algunas variaciones entre ellos, principalmente debido al nivel freático. Es decir, en el primer y el segundo lote evaluado (Parcela El Bohío y El Guadual) el nivel freático se encontró mucho más bajo (120 cm) que en los siguientes lotes (Parcela El Limonar y El Renacer), donde la lámina de agua esta a los 89 y 90 cm de profundidad. El cambio de nivel freático de un lote a otro, cambia las características del suelo, influyendo en la movilidad de los elementos a causa del los cambios de nivel de agua. Es por eso que se seleccionaron las parcelas con el mismo nivel freático para realizar las calicatas y continuar con el proceso de identificación de la similitud de los suelos. En este caso se seleccionaron las parcelas El Renacer y El Limonar.

En la parcela El Renacer, se realizó el análisis de la calicata número 1 y la toma de las muestras de suelo necesarias. (Figura 34)

**Figura 34. Calicata N°1**



La profundidad de esta calicata alcanzó los 89 cm porque el nivel freático hasta aquí lo permitió. Inmediatamente se realizaron los análisis que se podían hacer en campo y se tomaron las muestras en la calicata para llevar al laboratorio. Los resultados del análisis se adjuntan a continuación: (Tabla 15)

**Tabla 15. Descripción de la calicata N°1**

I. Época de descripción del perfil: Verano

- II. Hay microrelieve gilgai? No  
 Hay grietas? Si Ancho y profundidad de las grietas? 1-2 cm y 20 cm.
- III. Se observan superficies de deslizamiento (Slickensides)? No.  
 Cutanes? Si En que horizontes? en el 1 y 2.  
 Naturaleza probable de los materiales formadores de cután? Hidróxidos de hierro y arcillas.  
 Plinita? No  
 Se detecta tixotropía? No
- IV. Que microorganismos se presentan? hormigas.  
 Las raíces son vivas?            Muertas? Si Es su distribución Normal? Si  
 Se aplican abonos orgánicos? Si Cuáles? Compost, Biofert, Green N, Green NPK y Energy Life.  
 Fertilizantes Minerales? Si Cuáles? Fosforita Huila
- V. Limitantes del uso actual.  
 Uso recomendable? Cultivo de arroz. Por qué? Por presencia de arcillas y por presentar niveles freáticos altos.  
 Practicas agronómicas recomendables? Riego por melgas.  
 Clasificación agrologica 5 Método de riego? Melgas.  
 Otras observaciones: Cultivo de arroz inundado artificialmente.

Unidad Cartográfica: Novillera Perfil N° 1  
 Componente de la unidad Cartográfica: NVa  
 Describió: Ingeniero Rodrigo Ayala. Fecha: 3 de agosto de 2007.  
 Departamento: Valle del Cauca. Municipio: Jamundí.  
 Localización geográfica: Corregimiento de Timba, Km 2 carretera a Santander de Quilichao, Parcelación la Bertha, Finca el Guadual, a 100 m del guadual.  
 Altura: 1.011 msnm. Vuelo: FAL 407. Fotografía Área: F39 322.  
 Posición geomorfológica: Explayamientos de afluentes del río Cauca, a la altura del río Timba.  
 Localización del perfil en la posición geomorfológica: Rectilínea.  
 Relieve: Plano. Pendiente: 1 – 3 %.  
 Tipo de topografía vecina: Valle y pie de monte.  
 Temperatura ambiental: 30°C. Nivel Freático: 89 cm.  
 Precipitación promedio anual: 1.500 mm. Distribución? Buena  
 Material geológico: Arcilla y aluviones finos.  
 Evidencias de erosión: Degradación y compactación.  
 Vegetación natural: Destruida.



**Uso actual e intensidad:** Cultivos semestrales de subsistencia intensiva .  
**Material Parental:** Arcillas .  
**Régimen de humedad del suelo:** Ácuico . **Clases de lluvias y riego:** Melgas .  
**Profundidad efectiva:** Muy superficial .  
**Limitante de la profundidad:** Concreciones ferromagnéticas, arcillas y nivel freático .  
**Humedad actual del perfil:** seco de     a     cm. **Húmedo de** 0 a 89 cm.  
**Inundaciones, Frecuencia:** Antrópicos / cada seis meses. **Drenaje Externo** muy lento . **Drenaje interno:** Muy lento . **Drenaje natural:** Muy pobremente drenado .  
**Epipedón:** Ócrico . **Horizonte subsuperficial:** Cámbico .

Como la calicata llegó hasta los 89 cm de profundidad quedaron visibles solo tres horizontes, (Figura 35) los cuales fueron descritos en la Tabla 16.

**Figura 35. Horizontes visibles en la calicata N°1**



De la calicata se extrajeron tres muestras, una por cada horizonte, que fueron enviadas al laboratorio de ambiental de CVC. Los resultados de laboratorio se registran en la Tabla 17.

**Tabla 16. Descripción de los horizontes de la calicata N°1**

HORIZONTES	COLOR Y MANCHAS	TEXTURA	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	CUTANES	FORMACIONES ESPÉCIALES	ACTIVIDAD DE MACROORGANISMOS	RAICES	REACCIÓN	LIMITES
Profundidad Nomenclatura	Nombre Munsell		Tipo Grado Clase	Húmedo Mojado Plasticidad	Espesor. Naturaleza Localización				HCl. H2O2.	Nitidez Topografía
<b>0-27 cm 1</b>	Pardo rojizo. 5Y4/1 Ø* 2.5YR4/8 (Pocas, medianas, claras y muy contrastadas)	Arcilloso	Bloques subangulares. Débil. Fina.	Friable. Muy pegajoso. Muy plástico.	Moderadamente delgados y abundantes. Arcillas y óxidos de hierro. En caras horizontales y verticales	Oxidoreducción por la fluctuación del nivel freático	hormigas	No hay	No Fuerte.	Claro. Plana.
<b>27-70 cm 2</b>	Pardo amarillento + Pardo amarillento grisáceo. 5Y5/1 + Ø 10YR 5/4 (regulares, medianas, claras y contrastadas)	Franco-arcilloso	Bloques subangulares. Débiles. Media.	Friable. Muy pegajoso. Muy plástico.	Pocos y delgados. Arcillas y materia orgánica.	Pequeñas y abundantes concreciones ferromagnéticas	No hay	No hay	No. Violenta.	Difusa Plana
<b>70-89 cm 3</b>	Pardo amarillento Oscuro + Pardo amarillento. 5BG 6/1+10YR	Arcillo-limoso	Bloques subangulares. Débiles. Fina	Friable. Muy pegajosa. Muy plástica.	No hay	Pequeñas concreciones ferromagnéticas	No hay	No hay	No. Violenta.	No hay

\* El símbolo Ø significa manchas, e indica que el segundo color esta en menor proporción que el primero.

**Tabla 17. Resultados del análisis de caracterización y elementos menores de cada horizonte de la calicata N°1**

**Propietario:** Harvey Basan

**Predio:** El Renacer

**Municipio:** Jamundí

**Corregimiento:** Timba (Valle)

**Vereda:** La Bertha

**Altura:** 1.011 msnm

PERFIL	PROF cm.	pH	HUMEDAD %	M.O. %	N TOTAL %	Al+3 Meq/100	P DISP mg/kg	GRANULOMETRIA %			
								A	L	Ar	TEXTURA
1	0-27	5.87	3.90	8.39	0.35	*	4.56	31.45	26.59	41.96	Ar
	27-70	6.34	3.80	5.64	0.14	-	< 0.56**	27.36	31.13	41.51	Ar
	70-89	6.43	3.80	6.84	0.09		< 0.56**	27.37	36.11	36.52	F-Ar

\* En el análisis de acidez intercambiable no se evidencio presencia de  $Al^{+3}$  frente a la solución de NaF.

\*\*Señal mínima detectada por el método como límite de detección.

PERFIL	Ca Meq/100g	Mg Meq/100g	Na Meq/100g	K Meq/100g	C.I.C Meq/100g	BT Meq/100g	STB %	ELEMENTOS MENORES			
								Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	Zn mg/Kg	Cu mg/Kg
1	7.45	4.85	0.08	0.09	50.25	12.47	34.07	25.81	68.89	3.01	6.11
	14.47	0.57	0.06	0.09	38.44	15.19	39.52	12.12	42.91	1.72	3.01
	8.9	6.67	0.06	0.09	34.72	15.72	45.28	19.29	63.75	2.14	2.94

Posteriormente se realizó la apertura de la calicata en el lote El Limonar y la toma de las respectivas muestras de suelo. Una vez abierta la calicata se procedió a caracterizar (Figura 36) y a describir (Tabla 18) la misma.

**Figura 36. Caracterización de la calicata N°2**



La profundidad de esta calicata alcanzó los 50 cm porque el nivel freático hasta aquí lo permitió en época de invierno. Inmediatamente se realizaron los análisis que se podían hacer en campo y se tomaron las muestras en la calicata para llevar al laboratorio.

**Tabla 18. Descripción del perfil de la calicata**

- I. Época de descripción del perfil: Invierno  
Periodos lluviosos Septiembre a noviembre
- II. Hay microrelieve gilgai? No  
Hay grietas? No Ancho y profundidad de las grietas? \_\_\_\_\_.
- III. Se observan superficies de deslizamiento (Slickensides)? Pocos  
En que horizontes? En el segundo. Cutanes? Si En que horizontes? En el primero.  
Naturaleza probable de los materiales formadores de cután? Hidróxidos de hierro y arcillas.  
Plinita? No  
Se detecta tixotropía? No
- IV. Que microorganismos se presentan? Ninguno.  
Las raíces son vivas? \_\_\_\_\_ Muertas? Si Es su distribución Normal? Si  
Se aplican abonos orgánicos? No Cuáles? \_\_\_\_\_

**Fertilizantes Minerales?** Si **Cuáles?** Urea, DAP, KCL, Fosforita huila.

**V. Limitantes del uso actual?** Ninguna.

**Uso recomendable?** Cultivo de arroz.

**Por qué?** Por la presencia de arcillas y por presentarse un nivel freático alto.

**Practicar agronómicas recomendables?** Riego por melgas.

**Método de riego?** Melgas.

**Otras observaciones:** Cultivo de arroz inundado artificialmente.

**Unidad Cartográfica:** Novillera

**Perfil N°** 1

**Componente de la unidad Cartográfica:** NVa

**Describió:** Ingeniero Rodrigo Ayala. **Fecha:** 05 de octubre de 2007.

**Departamento:** Valle del Cauca. **Municipio:** Jamundí.

**Localización geográfica:** Corregimiento de Timba, Km 2 carretera a Santander de Quilichao, Parcelación la Bertha, Finca el Limonar, a 20 m de la casa N3°06'38.4"E76°36'47.4".

**Altura:** 1.011 msnm. **Vuelo:** FAL 407. **Fotografía Área:** F39 322.

**Posición geomorfológica:** Explayamientos de afluentes del río Cauca, a la altura del río Timba.

**Localización del perfil en la posición geomorfológica:** Rectilínea. **Forma** Cóncava.

**Relieve:** Plano. **Pendiente:** 1 – 3 %.

**Tipo de topografía vecina:** Valle y pie de monte.

**Temperatura ambiental:** 30°C. **Nivel Freático:** 50 cm.

**Precipitación promedio anual:** 1.500 mm. **Distribución** Buena.

**Material geológico:** Arcilla y aluviones finos.

**Evidencias de erosión:** Degradación, compactación y pérdida de la estructura.

**Vegetación natural:** Destruída.

**Uso actual e intensidad:** Cultivos semestrales de subsistencia intensiva.

**Material Parental:** Arcillas.

**Régimen de humedad del suelo:** Ácuico. **Clases de lluvias y riego:** Melgas.

**Profundidad efectiva:** Superficial.

**Limitante de la profundidad:** Pequeñas concreciones ferromagnéticas, arcillas y nivel freático alto.

**Humedad actual del perfil:** seco de    a    cm. **Húmedo de** 0 a 50 cm.

**Inundaciones, Frecuencia:** Antrópicos / cada seis meses. **Drenaje Externo** muy lento. **Drenaje interno:** Muy lento. **Drenaje natural:** Muy pobremente drenado.

**Epipedón:** Ócrico. **Horizonte subsuperficial:** No hay.

**Taxonomía del perfil:** Fluventic Dystropepts

Como la calicata solo llegó hasta los 50 cm de profundidad quedaron visibles solo dos horizontes, (Figura 37) los cuales fueron descritos.

**Figura 37. Dos horizontes visibles en la calicata N°2**



De la calicata se extrajeron dos muestras de un kilogramo, una por cada horizonte (Figura 38).

**Figura 38. Muestras extraídas de la calicata N° 2**



A continuación se describe la calicata número 2. (Tabla 19)

**Tabla 19. Descripción de la calicata N°2**

HORIZONTES	COLOR Y MANCHAS	TEXTURA	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	CUTANES	POROS	FORMACIONES ESPÉCIALES	ACTIVIDAD DE MACROORGANISMOS	RAICES	REACCIÓN	LIMITES
Profundidad Nomenclatura	Nombre Munsell		Tipo. Grado. Clase.	Húmedo Mojado	Espesor. Naturaleza Localización	Cantidad Tamaño				HCl. H2O2.	Nitidez Topografía
<b>0-25 cm 1</b>	25YR4/1 Ø* 2.5YR5/8 Ø 5YR6/8 (Abundantes, medianas, abrupto y muy contrastadas)	Arcilloso-Limosos	Sin estructura masiva.	Friable. Muy pegajoso y muy plástico.	Delgados y abundantes. Minerales arcillosos y óxidos de hierro. En los poros que han dejado las raíces.	Regulares. Medianos.	Oxido reducción por la fluctuación del nivel freático.	No hay	Pocas y Delgadas	No. Ligera.	Difuso. Plana.
<b>25-50x cm 2</b>	2.5YR4/1 +** 2.5Y5/4 (Abundantes, medianas, abrupto y muy contrastadas)	Arcilloso	Bloques subangulares. Moderado. Media.	Ligeramente dura. Muy pegajoso y muy plástico.	No	Abundantes. Finos	Slikensides Pequeños y abundantes y concreciones ferromagnéticas	No hay	No hay	No. Fuerte.	Difusa. Plana.

\* El símbolo Ø significa manchas, e indica que el segundo color esta en menor proporción que el primero.

\*\* El signo + significa que el color esta en mezcla con otro color, en las mismas proporciones.

De la calicata se extrajeron dos muestras, una por cada horizonte, que fueron enviadas al laboratorio de ambiental de CVC. Los resultados de laboratorio se registran en la siguiente tabla. (Tabla 20)

**Tabla 20. Resultados del Análisis de Caracterización y Elementos Menores del Suelo en la Calicata N°2**

**Propietario:** Joel Toro

**Predio:** El Limonar

**Municipio:** Jamundí

**Corregimiento:** Timba (Valle)

**Vereda:** La Bertha

**Altura:** 1.011 msnm

PERFIL	PROF cm.	pH	HUMEDAD %	M.O. %	N TOTAL %	Al+3 Meq/100	H+ Meq/100g	P DISP mg/kg	GRANULOMETRIA %			
									A	L	Ar	TEXTURA
1	0-25	5.47	4.19	5.79	0.29	*	0.55	0.66	20.50	32.47	47.04	Ar
	25-50X	6.38	3.65	3.08	0.10	-	-	<0.56**	20.44	30.76	48.80	Ar

\* En el análisis de acidez intercambiable no se evidencio presencia de Al+<sup>3</sup> frente a la solución de NaF.

\*\*Señal mínima detectada por el método como límite de detección.

PERFIL	Ca Meq/100g	Mg Meq/100g	Na Meq/100g	K Meq/100g	C.I.C Meq/100g	BT Meq/100g	STB %	ELEMENTOS MENORES			
								Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	Zn mg/Kg	Cu mg/Kg
1	6.56	5.83	0.12	0.16	54.57	12.67	23.22	7.85	45.16	5.38	7.74
	4.36	9.02	0.14	0.12	37.94	13.64	35.95	32.82	145.69	2.16	9.90



- **Clasificación Taxonómica del Suelo de las Parcelas.** La clasificación taxonómica de la unidad de suelo donde se ubican las parcelas de estudio, según el estudio realizado por IGAC-CVC en el año de 1980 es Fluvaquentic Eutropepts. Pero para obtener mayor detalle sobre la taxonomía de los suelos de los lotes del estudio, se realizó un análisis semidetallado del suelo que lo permitiera.

Según los análisis de campo y de laboratorio, la clasificación taxonómica de los suelos de las parcelas de estudio se describe así:

El epipedón de los suelos del estudio es ócrico. Este epipedón es un horizonte que se ha desarrollado en la superficie del suelo. Es un horizonte en el que la estructura del suelo ha sido destruida y que ha sido un poco oscurecido por materia orgánica o ha sido eluviada. El epipedón ócrico con un valor de color croma muy alto, contiene materia orgánica o tiene un valor del índice melánico demasiado alto, y es duro y masivo cuando está seco. Este epipedón en la mayoría de los casos tiene un valor de color Munsell de 4 o más cuando están húmedos y de seis o más cuando están secos. No tiene estructura de roca y no incluye sedimentos frescos finalmente estratificados. El horizonte subsuperficial es cámbico. Los horizontes se forman bajo la superficie del suelo, aunque en algunas áreas se forman directamente bajo una capa de desperdicios de follaje. El horizonte cámbico, es un horizonte alterado, que no tiene el color oscuro, y poca materia orgánica.

El régimen de humedad del suelo es ácuico. El término régimen de humedad del suelo, se refiere a la usencia o presencia de aguas freáticas o de aguas sostenidas a una tensión menor que 1.500 KPa en el suelo o en horizontes específicos, durante ciertos periodos del año. El agua a una tensión de 1.500 KPa o mas no está disponible para mantener con vida la mayoría de las plantas mesofíticas. El régimen ácuico de humedad significa un régimen reductor en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto, porque está saturado por agua freática o por agua del borde capilar. No se sabe cuánto tiempo debe un suelo estar saturado de agua para tener un régimen de humedad ácuico, pero debe ser por lo menos unos pocos días, puesto que en el concepto está implícito que el oxígeno disuelto está virtualmente ausente. Como el oxígeno disuelto es removido de la capa freática por la fluctuación del nivel freático, también se halla implícito en el concepto que la temperatura está por encima del cero biológico (5°C) durante un tiempo, mientras el suelo este saturado. Por lo común, el nivel freático fluctúa con las estaciones: es más alto en la estación lluviosa y menor en verano.

✓ **Orden.** el orden del suelo es Inceptisols. Porque tiene un horizonte cámbico, condiciones ácuicas y un epipedón ócrico.

✓ **Suborden.** Tropepts. Son inceptisols que tiene un régimen de temperatura isomésico o un régimen *iso* mas caliente.

✓ **Gran Grupo.** Dystropepts.

✓ **Subgrupo.** Fluventic Dystropepts. Tiene 0.2% o más de carbono orgánico a una profundidad de 120 cm por debajo de la superficie de suelo mineral, o una disminución irregular en el contenido de carbono orgánico desde una profundidad de 25 cm a una de 120 cm o hasta un contacto lítico o paralítico si es mas somero y una pendiente de menos de 25%.

## 9.2.2. Descripción de Plaguicidas Seleccionados

✓ **Los organofosforados.** “Un aspecto asociado a la contaminación ambiental es la neurotoxicidad contemplada como el efecto más importante de los plaguicidas organofosforados y carbamatos sobre los organismos expuestos” (Day, 1991)<sup>109</sup>. “La inhibición de la actividad enzimática colinesterasa, se ha constituido como indicadora de la exposición a este tipo de compuestos, no solamente en humanos sino en diversas especies silvestres, con el fin de hacer un seguimiento de los efectos de los contaminantes en los organismos vivos” (Bocquené *et al.*, 1997)<sup>110</sup>.

Los enzimas juegan un papel crucial en el funcionamiento vital de los organismos. En los organismos existen motoneuronas excitadoras e inhibidoras (neuronas periféricas) que utilizan generalmente otros neurotransmisores, apareciendo la acetilcolina (ACh) como neurotransmisor en las fibras sensoriales (Barker *et al.*, 1972<sup>111</sup>; Hildebrand *et al.*, 1974<sup>112</sup>). “Las esterases se han empleado en los últimos 20 años para determinar el potencial tóxico de los plaguicidas organofosforados y carbamatos utilizados en las tareas fitosanitarias, sobre los organismos vivos” (Thompson, 1999)<sup>113</sup>. “La acetilcolinesterasa es el enzima que hidroliza la ACh a los productos inactivos (que no estimulan a la membrana postsináptica) colina y ácido acético en las sinapsis colinérgicas, tanto en vertebrados como en invertebrados, y en las uniones neuromusculares. Esta enzima está fuertemente inhibida por los plaguicidas

---

<sup>109</sup> DAY, K.E. Pesticide transformation products in surface waters: effects on aquatic biota. En: Pesticides transformation products: fate and significance in the environment. Eds. ACS Symposium Series. Vol. 122 Nº 459 (May. 1991); p. 35-52

<sup>110</sup> BOCQUENÉ, G.; ROIG, A.; FOURNIER, D. Cholinesterases from the common oyster (*Crassostrea gigas*). En: FEBS Letters. Evidence for the presence of a soluble acetylcholinesterase insensitive to organophosphate and carbamate inhibitors. Vol. 106. Nº 407 (Jun. 1997); p 261-266.

<sup>111</sup> BARKER, D.L.; HERBERT, E.; HILDEBRAND, J.; KRAVITZ, E.A. Acetylcholine and lobster sensory neurones. En: *Physiol.* Vol. 82 Nº 226 (Ene-Mar. 1972); P 205-229.

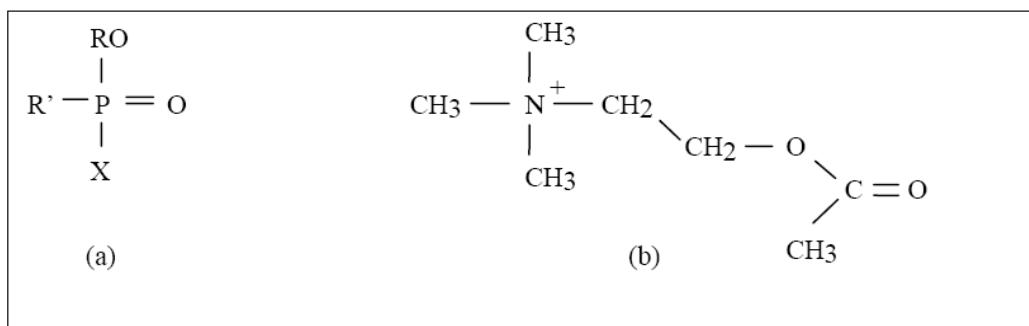
<sup>112</sup> HILDEBRAND, J.G.; TOWNSED, J.C.; KRAVITZ, E.A. Distribution of acetylcholine, choline, choline acetyltransferase and acetylcholinesterase in regions and single identified axons of the lobster nervous system. En: *Neurochem.* Vol. 23. Nº 10 (Oct. 1974); p 951-963.

<sup>113</sup> THOMPSON, H.M. (1999). Esterases as markers of exposure to organophosphates and carbamates. En: *Ecotoxicology.* Vol 16. Nº 8. (Nov. 1999); p 369-384.

organofosforados y carbamatos” (Fukuto, 1990)<sup>114</sup>, incluso “a concentraciones muy bajas y, por esta razón, ha sido ampliamente utilizado como biomarcador para estos compuestos” (Guilhermino *et al.*, 2000)<sup>115</sup>.

Se seleccionaron dos insecticidas organofosforados puesto que estos compuestos “son agentes anticolinesterásicos directos” (Forget *et al.*, 1999)<sup>116</sup>. “El efecto tóxico de los plaguicidas organofosforados por inhibición de las colinesterasas como consecuencia de la interrupción en la transmisión del impulso nervioso, está bien definido” (Gallo y Lawryk, 1991)<sup>117</sup>. Los compuestos organofosforados tienen una estructura similar a la del neurotransmisor endógeno acetilcolina (Figura 39).

**Figura 39. Estructura general de los insecticidas organofosforados (a) y del neurotransmisor acetilcolina (b).**



**FUENTE:** FUKUTO, T.R. Mechanism of action of organophosphorus and carbamate insecticides. En: Environ: health Perspectives. Vol 87. Nº 10 (Apr-Jun. 1990); p. 248.

Debido a esta similitud, el grupo fosfato es atraído al sitio de esterificación de la AChE, fosforilando selectivamente la serina del centro activo del enzima (Sanz y Repetto, 1995<sup>118</sup>; Thompson, 1999<sup>119</sup>). De esta manera, “la enzima es incapaz de hidrolizar ésteres de colina, conduciendo a un incremento de los niveles de acetilcolina en el

<sup>114</sup> **FUKUTO, T.R.** Mechanism of action of organophosphorus and carbamate insecticides. En: Environ: health Perspectives. Vol 87. Nº 10 (Apr-Jun. 1990); p 245-254.

<sup>115</sup> **GUILHERMINO, L.; LACERDA, M.N.; NOGUEIRA, A.J.A.; SOARES, A.M.V.M.** In vitro and in vivo inhibition of *Daphnia magna* acetylcholinesterase by surfactants agents: possible implications for contamination biomonitoring. En: Sci. Total Environ. Vol. 247. Nº 82 (Ene. 2000); p 137-141.

<sup>116</sup> **FORGET, J.; PAVILLON, J.F.; BELIAEFF, B.; BOCQUENÉ, G.** (1999). Joint action of pollutant combinations (pesticides and metals) on survival (LC50 values) and acetylcholinesterase activity of *Tigriopus brevicornis* (*Copepoda, Harpacticoida*). En: Environ. Toxicol. Chem. Vol. 18. Nº 5. (1999); p 912-918.

<sup>117</sup> **GALLO, M.A.; LAWRYK, N.J.** Organic phosphorus pesticides. En: Handbook of pesticide toxicology. Vol. 26. Nº 8. (San Diego.1991); p 917-1123.

<sup>118</sup> **SANZ, P.; REPETTO, M.** (1995). Implicaciones toxicológicas de las enzimas colinesterasas. En: Toxicología avanzada. Vol. 12. Nº 2. (Madrid. 1995); p 117-145.

<sup>119</sup> **THOMPSON, H.M.** 1999. Op. Cit.

espacio sináptico de las uniones neuromusculares, con la consiguiente sobrecarga colinérgica" (Fukuto, 1990)<sup>120</sup>. "La continua sobreestimulación del músculo o de la fibra nerviosa genera, en último término, exhausto y tetania, y dependiendo de la dosis, conduce finalmente a la muerte del organismo expuesto. Al contrario de lo que ocurre en la acetilación, reacción en la que rápidamente se rompe el enzima liberándose ácido acético, regenerándose la enzima, la fosforilación de la AChE es altamente estable y, en algunos casos, dependiendo de los grupos atacados por el átomo de fósforo, es irreversiblemente inhibido" (Aldridge, 1950)<sup>121</sup>.

✓ **Diazinón (Basudin 600 EC).** En el caso del diazinón, "es la formación del análogo oxon como consecuencia de la activación metabólica del compuesto original por parte del organismo" (Fukuto, 1990)<sup>122</sup>, "la que hace irreversible la inhibición del enzima AChE" (Escartín y Porte, 1996)<sup>123</sup>. "Se cree que en esta reacción de activación metabólica se encuentran implicadas las oxidasas de función mixta (MFO), sistema enzimático responsable de la oxidación metabólica de compuestos extraños al organismo" (Jacoby, 1980)<sup>124</sup>. En distintos estudios, se ha comprobado la mayor toxicidad del diazoxón en relación con la del diazinón (Fujii y Asaka, 1982<sup>125</sup>; Tsuda *et al.*, 1997<sup>126</sup>).

"El diazinón es un líquido de color ocre fácilmente fotodegradable. Asimismo es termosensible (se degrada por encima de los 100°C) y presenta una volatilidad moderada (1.4 x 10<sup>-4</sup> mm Hg a 20°C). La persistencia del diazinón en el agua depende del grado de acidez del medio, encontrándose vidas medias desde 12 horas, en aguas muy acidificadas, a 6 meses en aguas de pH próximo al neutro. Este compuesto parece ser ligeramente menos persistente en el agua natural que en el agua experimental, siendo más rápida su degradación en el medio natural, presentando una vida media de 70.54 horas frente a las 79.19 horas que tiene en el agua experimental" (Ferrando *et al.*, 1992)<sup>127</sup>.

---

<sup>120</sup> FUKUTO, T.R. 1990. Op. Cit.

<sup>121</sup> ALDRIDGE, A.N. Some properties of specific cholinesterase from *Drosophila*. En: J. Biol. Chem. Vol. 26. Nº 14. (Apr. 1950); p 451-460.

<sup>122</sup> FUKUTO, T.R. (1990). Op. Cit.

<sup>123</sup> ESCARTÍN, E.; PORTE, C. (1996). Acetylcholinesterase inhibition in the crayfish *Procambarus clarkii* exposed to fenitrothion. En: Ecotox. Environ. Safety. Vol. 34 (Ago. 1996); p 160-164.

<sup>124</sup> JACOBY, W.B. (1980). Detoxification enzymes. En: Enzymatic basis of detoxification. Vol. 1. (Sep-Dic. New York, 1980); p 1-6.

<sup>125</sup> FUJII, Y.; ASAKA, S. Metabolism of diazinon and diazoxon in fish liver preparations. En: Bull. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 29; (1982) p 453-460.

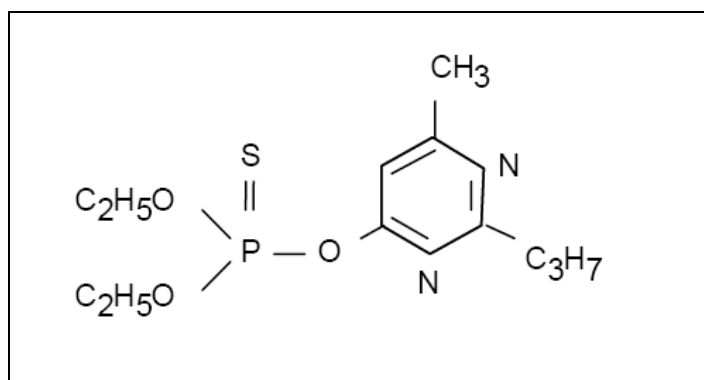
<sup>126</sup> TSUDA, T.; KOJIMA, M.; HARADA, H.; NAKAJIMA, A.; ACKI, S. Acute toxicity, accumulation and excretion of organophosphorus insecticides and their oxidation products in killifish. En: Chemosphere. Vol. 35 Nº 5 (1997); p 939-949.

<sup>127</sup> FERRANDO, M.D.; ANDREU, E.; FERNÁNDEZ, A. Persistence of some pesticides in the aquatic environment. En: Bull. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 48. (1992); p 747-755.

No obstante, “se ha citado como uno de los organofosforados más persistentes en algunos estudios de degradación de plaguicidas” (Frank *et al.*, 1991)<sup>128</sup>. El diazinón es un compuesto organofosforado de amplio espectro empleado para controlar una extensa gama de plagas de cultivos y almacenados. Su aplicación, como compuesto con propiedades insecticidas y acaricidas, se ha efectuado contra plagas del suelo, frutales, maíz, patatas, arroz, caña de azúcar, tabaco y viñedos (Eisler, 1986<sup>129</sup>; Robertson y Mazzella, 1989<sup>130</sup>). La elección de este plaguicida como tóxico objeto de estudio se fundamenta en su aplicación en campos de cultivo de arroz, hortalizas y cítricos entre otros, cultivos que centran la actividad agrícola en el Valle del Cauca.

La fórmula de este plaguicida organofosforado (Figura 40), responde a la siguiente estructura:

**Figura 40. Estructura Atómica del Diazinón**



**FUENTE:** EISLER, R. Diazinón hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synopsis review. U.S.A Department of the Interior, 1986. 17 p.

“El uso extendido del diazinón en la práctica agrícola y su posterior acceso al medio acuático, puede poner en peligro las poblaciones de organismos a las que, en un

<sup>128</sup> **FRANK, R.; BRAUN, H.E.; CHAPMAN, N.; BURCHAT, C.** Degradation of parent compounds of nine organophosphorus insecticides of chronic stress in *Daphnia magna* Straus. *En: Arch. Environ. Contam. Toxicol.* Vol. 11 (1991); p 457-463.

<sup>129</sup> **EISLER, R.** Diazinón hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synopsis review. U.S.A Department of the Interior, 1986. 17 p.

<sup>130</sup> **ROBERTSON, J.B.; MAZZELLA, C.** (1989). Acute toxicity of the pesticide diazinon to the freshwater Snail *Gillia altii*. *En: Bull. Environ. Contam. Toxicol.* Vol. 42 (Sep. 1989); p 320-324.

principio, no va dirigida su aplicación, como es el caso de los crustáceos cladóceros y, así, alterar el equilibrio de las comunidades biológicas” (Wong, 1997)<sup>131</sup>.

“Los efectos del diazinón sobre los organismos acuáticos están asociados a reducciones de las tasas de crecimiento y reproducción, tanto en invertebrados marinos y dulceacuícolas como en peces teleósteos” (Eisler, 1986)<sup>132</sup>.

“A nivel fisiológico el diazinón, como compuesto organofosforado, centra su actuación sobre las enzimas colinesterasas (ChE), provocando su bloqueo y la consiguiente acumulación de acetilcolina en el espacio sináptico de las uniones nerviosas y neuromusculares. Esta situación revierte en una permanente excitación muscular, observándose rápidas contracciones de los músculos y, finalmente, la parálisis y la muerte de los organismos expuestos. Por sí mismo, el diazinón no es un inhibidor colinesterásico muy potente. Sin embargo, en los animales es metabolizado a diazoxón (siendo sustituido un átomo de oxígeno, por una molécula de azufre), un compuesto fuertemente anticolinesterásico” (Ware, 1983)<sup>133</sup>.

En la Tabla 21 se muestra la concentración letal media (LC<sub>50</sub>) del Diazinón para peces y las concentraciones máximas permisibles para agua, según el Decreto 1594 de 1984 para Colombia y según el Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment de los Países Bajos, la Canadian Water Quality Guidelines (CWQGs) y el National Environmental Policy Plan de Alemania (Crommentuijn *et al* 2000)<sup>134</sup>. Los MPCs son las concentraciones a partir de las cuales se espera ver efectos adversos sobre el hombre y los ecosistemas acuáticos. Se crearon con la finalidad de proteger tanto al ser humano como al ambiente teniendo la premisa de que la exposición a estas sustancias no resulte en efectos adversos. El objetivo de los MPCs es proteger a todas las especies que habitan en un ecosistema.

---

<sup>131</sup> **WONG, C.K.** (1997). Effects of diazinon on some population parameters of *Moina macrocopa* (Cladocera). En: Water Air Soil Pollut. Vol 393 (Ene. 1997); p 393-399.

<sup>132</sup> **EISLER, R.** 1986. Op. Cit., p. 8.

<sup>133</sup> **WARE, G.W.** (1983). “Pesticide. Theory and applications”. W.H. Freeman and Company, ed., New York., p. 308.

<sup>134</sup> **CROMMENTUIJN, T., D. SIJM, J. DE BRUIJN, K. VAN LEEUWEN & E. VAN DE PLASSCHE.** 2000. Maximum permissible and negligible concentrations for some organic substances and pesticides. En: Journal of Environmental Management. Vol. Nº 58(oct. 2000); p 297-312.

**Tabla 21. Concentraciones letales para peces y concentraciones máximas permisibles en agua del diazinón.**

PLAGUICIDA	PECES LC <sub>50</sub> (96h)	CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE
DIAZINON	3.1 mg/L*	0.05ml/L***
		0.037 µg/L**

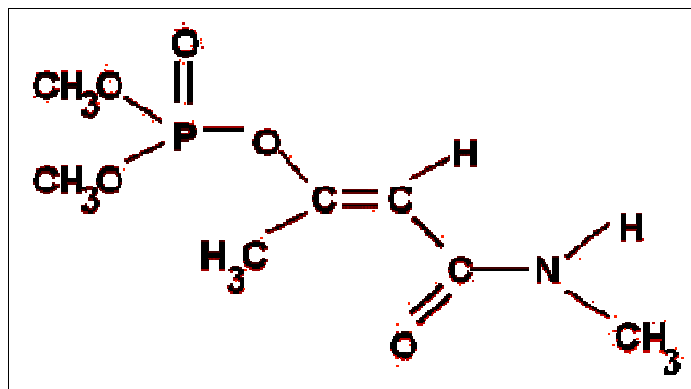
\* IRET (2000)<sup>135</sup>, VAN CONG, et al. (2006)<sup>136</sup>, OMS

\*\* Crommentuijn et al. (2000)

\*\*\* Colombia. Decreto No. 1594 de 1984.

✓ **Monocrotofos (Monocrotofos 600 SL).** Un insecticida y acaricida organofosforado de acción por contacto y sistémica utilizado para controlar insectos succionadores, masticadores y perforadores, y arañuelas en el algodón, cítricos, aceitunas, el arroz, el maíz, el sorgo, la soja y el tabaco. La fórmula química es C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>NO<sub>5</sub>P de nombre científico Dimetil (E)-1-metil-2-(metilcarbamoil) vinil fosfato (IUPAC). La fórmula de este plaguicida organofosforado (Figura 41), responde a la siguiente estructura:

**Figura 41. Estructura atómica del monocrotofos**



**FUENTE:** US-EPA. Pesticide fact sheet No 72: Monocrotophos. USEPA, Washington, D.C. 1985. EE.UU., p. 45.

“Este compuesto puro tiene forma de cristales higroscópicos incoloros. Mientras la forma técnica es semisólida, marrón rojizo; con pureza no inferior al 75%. Es soluble a

<sup>135</sup> IRET. Manual de plaguicidas. Guía para América Central. Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, IRET. EUNA. Ed 2. 2000. 395 p.

<sup>136</sup> VAN CONG. N, THANH PHUONG. N, MARK. B.: Sensitivity of brain cholinesterase activity to diazinon (Basudin 50ec) and fenobucarb (Bassa 50ec) insecticides in the air-breathing fish *Channa striata* En: Environmental toxicology and chemistry. Vol. 25, N° 5 (2006); p 1418-1425

20°C: en agua 100%, metanol 100%, acetona 70%, n-octanol 25%, tolueno 6%. Su  $K_{ow} \log P$  es  $-0,22$  (calculado),  $K_{ow}$  0,60 (calculado). La presión de vapor es de  $2,9 \times 10^{-4}$  Pa a 20 °C y el punto de fusión está entre 54 °C – 55 °C” (US-EPA, 1985)<sup>137</sup>.

➤ **La reactividad.** “El monocrotofos corroe el hierro sin galvanizar, los tambores de acero y el acero inoxidable. Se descompone por encima de los 38 °C, se puede producir una reacción térmica incontrolada por encima de los 55 °C. Inestable en alcoholes de cadena corta; se descompone sobre ciertos materiales inertes. Se descompone por calentamiento o incineración, produciendo humos tóxicos irritantes, incluidos óxidos de nitrógeno, óxidos de fósforo” (US-EPA, 1985)<sup>138</sup>.

El monocrotofos afecta el sistema nervioso inhibiendo la acetilcolinesterasa, enzima esencial para la transmisión normal de los impulsos nerviosos. Su perfil toxicológico es típico de los compuestos organofosforados, con signos colinérgicos (incluidos temblores, convulsiones, salivación y trismo) similares en mamíferos de experimentación y seres humanos. El monocrotofos se absorbe sistémicamente si es tragado, inhalado o se pone en contacto con la piel. La absorción dérmica del monocrotofos de etiqueta  $^{14}C$  en los seres humanos fue de alrededor del 22% de una dosis única aplicada (en acetona) en el antebrazo durante 24 h. La absorción oral en los animales de experimentación equivalió en la práctica al 100% de la dosis administrada<sup>139</sup>.

➤ **Toxicidad Aguda Vía oral.** “El monocrotofos fue extremadamente tóxico por vía oral para las ratas y ratones, con valores de aproximadamente 8 mg/kg y 10 mg/kg de peso corporal, respectivamente” (FAO/OMS, 1995)<sup>140</sup>.

➤ **Toxicidad Aguda Vía dérmica.** “La toxicidad dérmica aguda de monocrotofos dependía de los solventes: fue de baja a alta toxicidad en las ratas (valores de  $LD_{50}$  dentro de una gama de 119 mg/kg a  $> 2000$  mg/kg) y entre moderada y alta toxicidad en conejos (valores de  $LD_{50}$  dentro de una gama de 130 mg/kg a 709 mg/kg)” (FAO/OMS, 1995)<sup>141</sup>.

---

<sup>137</sup> **US-EPA.** Pesticide fact sheet No 72: Monocrotophos. USEPA, Washington, D.C. 1985. EE.UU., p. 101.

<sup>138</sup> **US-EPA** (1985). Op. Cit., p. 39

<sup>139</sup> **COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS.** Codex Alimentarius. Guía de recomendaciones del Codex referentes a residuos de plaguicidas, parte 2. Límites máximos para residuos de plaguicidas. Ed. Tercera, Roma 1987. 35 p

<sup>140</sup> **FAO/OMS.** Memorias de la Reunión conjunta sobre residuos de plaguicidas: aspectos toxicológicos y ambientales de los residuos de plaguicidas en los alimentos. Parte II, (JMPR); OMS, Ginebra, 1995. WHO/PCS/96.48.

<sup>141</sup> **FAO/OMS** (1995). Ibíd., p. 51.



➤ **Toxicidad Aguda Inhalación.** El monocrotofos tiene una alta toxicidad por inhalación en las ratas con una  $LC_{50}$  (4 h) de  $80 \text{ mg/m}^3$  (FAO/OMS, 1995)<sup>142</sup>.

➤ **Toxicidad Aguda Irritación.** En los conejos el monocrotofos fue levemente irritante para los ojos y la piel, pero no actuó como sensibilizador de la piel en los conejillos de indias (FAO/OMS, 1995)<sup>143</sup>.

➤ **ARfD.** “No se percibió inhibición de la actividad de la colinesterasa de los eritrocitos ni otros signos de toxicidad en voluntarios expuestos a dosis orales únicas de monocrotofos a un nivel de  $0,0059 \text{ mg/kg}$  de peso corporal en un estudio de 28 días. Sobre la base de este nivel sin efectos observados (NOEL) y utilizando un factor de seguridad de decuplicación, la dosis aguda de referencia (ARfD) de los monocrotofos en Australia resultó ser de  $0,0006 \text{ mg/kg}$  de peso corporal” (FAO/OMS, 1995)<sup>144</sup>.

➤ **Toxicidad a corto plazo.** “En estudios de corto plazo la inhibición de la actividad de la colinesterasa fue el principal efecto toxicológico en animales de experimentación. Cuando se administró monocrotofos técnico en la dieta de ratas por hasta 13 semanas se inhibió considerablemente la actividad de la colinesterasa. En los estudios dérmicos de dosis repetidas la inhibición de la actividad de la colinesterasa fue también la principal conclusión toxicológica. (NRA, 2000)<sup>145</sup>.

En dos diferentes estudios con seres humanos, los voluntarios recibieron dosis orales diarias de monocrotofos de hasta  $0,0059 \text{ mg/kg}$  de peso corporal durante 28 días. No se observaron efectos clínicos desfavorables. La actividad de la acetilcolinesterasa eritrocítica no se vio afectada por ningún nivel de dosis. La actividad de la colinesterasa en el plasma se redujo considerablemente a dosis más altas, pero no a la baja dosis de  $0,0036 \text{ mg/kg}$  de peso corporal/d. La ingesta diaria admisible (ADI) de monocrotofos en Australia fue establecida en  $0,0003 \text{ mg/kg}$  de peso corporal/d, tomando como base el NOEL de  $0,0036 \text{ mg/kg}$  de peso corporal/d para la inhibición de la colinesterasa en el plasma y utilizando un factor de seguridad de decuplicación.

➤ **Genotoxicidad (incluida mutagenicidad).** Algunas pruebas de mutagenicidad *in vitro* en bacterias y levadura, hongos y cultivos de células de mamíferos mostraron que el monocrotofos y sus formulaciones tienen escaso potencial mutagénico con y sin activación metabólica. Análogamente, el monocrotofos mostró un potencial de alteración de los cromosomas de los linfocitos humanos,

---

<sup>142</sup> FAO/OMS (1995). *Ibíd.*, p. 51.

<sup>143</sup> FAO/OMS (1995). *Ibíd.*, p. 52.

<sup>144</sup> FAO/OMS (1995). *Op. Cit.*, p. 52.

<sup>145</sup> NRA (2000). *Op. Cit.*, p. 23.

las células ováricas de los hámsters chinos y las células epiteliales de la tráquea de las ratas, o de inducción de una síntesis no programada de ADN en los fibroblastos humanos. Las pruebas de genotoxicidad *in vivo* mostraron resultados predominantemente negativos. El monocrotofos no indujo mutaciones letales dominantes en ratones. Las dosis a las que se observaron efectos de genotoxicidad en estudios *in vivo* fueron varios órdenes de magnitud mayores que las dosis en que se vio la inhibición de la colinesterasa en estudios anteriores<sup>146</sup>.

➤ **Toxicidad a largo plazo y carcinogenicidad.** La inhibición de la actividad de la colinesterasa fue el principal efecto toxicológico en estudios en animales a largo plazo. No se observaron otras conclusiones patológicas significativas en estudios de largo plazo, aunque el tratamiento mostró signos clínicos de intoxicación. No se percibieron efectos carcinógenos al cabo de más de dos años de dosificación con monocrotofos a la dosis más alta probada en ratones CD (de aproximadamente 1,5 mg/kg de peso corporal/d), ratas Charles River (aproximadamente 5 mg/kg de peso corporal/d), ratas Wistar (aproximadamente 0,5 mg/kg de peso corporal/d) y perros Beagle” (aproximadamente 0,4 mg/kg de peso corporal/d)<sup>147</sup>.

## ✓ Destino y Efectos Ambientales

### ➤ Destino

❖ **Suelo.** La degradación del monocrotofos en condiciones aeróbicas en el suelo es rápida, estando la semivida comprendida entre <1 y 7 días, según estudios de cinco suelos diferentes. Los principales productos fueron el dióxido de carbono y residuos no extraíbles. Se identificaron en algunos suelos algunos metabolitos menores, siendo el máximo del 3,5% de la dosis aplicada. La principal senda de degradación parece ser el metabolismo directo al dióxido de carbono o la incorporación en la fracción orgánica del suelo seguida por mineralización. No se presentaron estudios que determinaran una semivida, ni se procuró determinar si los monocrotofos se degradan en condiciones anaeróbicas. La semivida de fotólisis de los monocrotofos en el suelo fue inferior a siete días. Se concluyó que el monocrotofos es móvil en el suelo y que existe la posibilidad de lixiviación. No obstante, la rápida degradación limitará este último efecto, que es probable que se produzca en condiciones de campo<sup>148</sup>.

---

<sup>146</sup> **NRA** (2000). Op. Cit., p. 29.

<sup>147</sup> **MAA**. Ministerio de Agricultura y Alimentos, publicado en el Diario Oficial del Ministerio. Expedientes 9032/1992 y 21175/1996. Hungría., p. 93.

<sup>148</sup> **MAA** (1996). Op. Cit., p. 100.

❖ **Agua.** No se presentaron estudios que determinaran una semivida. No obstante, se demostró que el monocrotofos se degrada rápidamente en condiciones aeróbicas acuáticas (un arrozal en los trópicos) pero en cambio no hubo degradación en agua fluvial natural a temperatura ambiente, lo que es congruente con los experimentos de hidrólisis. Se concluyó que los estudios limitados existentes muestran que en sistemas acuáticos con alta actividad microbiana, por ejemplo con suelo/sedimentos, la degradación podría ser rápida. La falta de un estudio adecuado sobre metabolismo acuático aeróbico da lugar a una considerable insuficiencia de datos. No es probable que la hidrólisis influya significativamente sobre la degradación global de monocrotofos en la gama normal de pH ambiental. No se prevé fotólisis directa en el agua, pero es posible la fotólisis indirecta<sup>149</sup>.

❖ **Aire.** “No se prevé que la volatilización desde el suelo o el agua sea una vía significativa de disipación, pero no puede descartarse la volatilización a partir de otras superficies no adsorbentes. No se prevén concentraciones significativas en el aire” (MAA, 1996)<sup>150</sup>.

❖ **Bioconcentración.** Tomando como base la solubilidad del agua, un bajo  $K_{oc}$  y una fácil degradación del suelo, no se prevé una bioacumulación significativa en el entorno acuático.

❖ **Persistencia.** No se acumula en el suelo porque es biodegradable y fotolabil. Su semivida no llega a siete días en el suelo expuesto a la luz solar natural. El monocrotofos tiene una semivida de 1,3 a 3,4 días en el follaje de las plantas.

➤ **Ecotoxicidad – Efectos sobre organismos a los que no va dirigido**

❖ **Vertebrados terrestres**

▪ **Mamíferos:** El monocrotofos es extremadamente tóxico para los roedores de laboratorio por la vía oral de exposición, con una  $LD_{50}$  de alrededor de 10 mg/. La toxicidad dérmica aguda es un tanto menor. En Australia, pruebas realizadas en el marsupial nativo *Sminthopsis macroura* mostraron que una dosis dietética única de 80 mg/kg a 100 mg/kg de peso corporal causó la muerte. Una dosis menor, de 2 mg/kg de peso corporal, a intervalos de más de 18 días no causó ninguna muerte. Los roedores nativos australianos *Notomys alexis* y *Notomys mitchelli* al ser alimentados con monocrotofos a 668 mg/kg durante cinco días consecutivos

---

<sup>149</sup> MAA (1996). *Ibíd.*, p. 112.

<sup>150</sup> MAA (1996). *Ibíd.*, p. 109.

mostraron reducción del peso corporal, y se suprimió el producto en la dieta de todos los animales al final del período de prueba<sup>151</sup>.

“En los estudios de toxicidad de la flora y la fauna húngaras efectuados en establecimientos agrícolas de gran escala en que se utilizaba Azodrin 40 WSC a 1,5 L/ha (coeficiente máximo de la etiqueta), no se observaron muertes, aunque aparecieron adultos levemente envenenados. En consecuencia es probable que el Azodrin 40 WSC provoque la muerte de liebres jóvenes de bajo peso corporal” (MAA, 1996)<sup>152</sup>.

- **Aves.** El monocrotofos ha sido clasificado (por la USEPA) como muy tóxico para las aves, tanto por la vía de exposición oral aguda (informes correspondientes a 13 especies, LD<sub>50</sub> de 0,19 mg/kg a 6,49 mg/kg), y dietética (tres especies, gama de LC<sub>50</sub> de 2,4 ppm a 32 ppm). Pruebas multigeneracionales (aproximadamente 20 semanas de exposición) en codornices japonesas y pavos Mallard, mostraron que se produjeron efectos a bajos niveles, de 0,1 mg/kg y 3,0 mg/kg en los piensos, respectivamente. Los resultados de la literatura especializada en cuanto a toxicidad también indican una muy alta toxicidad para las aves: toxicidad aguda: de 1,0 mg/kg a 4,21 mg/kg, toxicidad crónica: NOEC, 0,5 mg/kg/d (codornices japonesas, 21 días)<sup>153</sup>.

“Los informes de campo indican que el monocrotofos ha sido asociado con varios incidentes de muertes de aves en los EE.UU. Esos viejos estudios de campo llevan a pensar que en zonas en que había alimentos, tales como semillas salvajes o agua estancada, que atraían a las aves a beber o alimentarse en campos tratados se produjo una considerable mortalidad, en coeficientes de 1 kg de a.i./ha y superiores, con la excepción de un estudio que mostró mortalidades de 0,32 kg de a.i./ha. Los pájaros que ingresaron en campos recientemente fumigados no se vieron afectados, a menos que consumieran alimentos o bebieran en los campos. La ingestión de langostas o roedores fumigados también provoca altas mortalidades” (US-EPA, 1985)<sup>154</sup>.

En Hungría “los estudios sobre toxicidad en la flora y la fauna en establecimientos agrícolas piloto y en gran escala confirmaron claramente que la utilización de Azodrin 40 WSC fue sumamente perjudicial para la flora y la fauna, principalmente para las aves. Las aves envenenadas se muestran apáticas ante los estímulos y no pueden escapar, por lo cual es probable que en su mayoría sean muertas por depredadores” (MAA, 1996)<sup>155</sup>.

---

<sup>151</sup> **NRA** (2000). Op. Cit., p. 96.

<sup>152</sup> **MAA** (1996). Op. Cit., p. 109.

<sup>153</sup> **US-EPA** (1985). Op. Cit., p. 42.

<sup>154</sup> **US-EPA** (1985). *Ibíd.*, p. 46.

<sup>155</sup> **MAA** (1996). Op. Cit., p. 103.

## ❖ Especies acuáticas

- **Peces.** Los peces son la especie acuática menos sensible, registrándose una gama de LC<sub>50</sub> de 1,9 mg a 180 mg de a.i./L, en estudios basados en nueve especies. El monocrotofos se clasifica entre moderado y levemente tóxico para los peces, también en este caso según criterios de la US EPA. Varios de esos valores son viejos, nominales, y se consideran no confiables, pero han sido usados por la NRA a falta de otros datos. La información contenida en la base de datos del Programa de la Oficina de Plaguicidas de la USEPA muestra sensibilidades similares para los peces, con LC<sub>50</sub> entre 5,2 mg/L y 50 mg/L<sup>156</sup>.
- **Invertebrados acuáticos.** Según las clasificaciones de la US-EPA, el monocrotofos tiene una toxicidad entre muy alta y leve, siendo los invertebrados la clase de organismos más sensibles. La toxicidad aguda a *Daphniae* mencionada en los informes se sitúa entre 0,24 µg/L y 20 µg/L, pero ningún estudio cumple los requisitos actuales.
- **Algas.** El monocrotofos ha sido clasificado como moderadamente tóxico para una especie de algas verdes, *Chlorella vulgaris*, con una EC<sub>50</sub> de 6,8 mg/L (nominal), pero no tóxica para *Scenedesmus subspicatus*, otra alga verde, en que la EC<sub>50</sub> fue >100 mg/L y NOEC = 100 mg/L. (US-EPA, 1985)<sup>157</sup>. La US-EPA considera a ambas como especies no sensibles.
- **Abejas y otros artrópodos.** “Conforme a los resultados de 15 informes, el monocrotofos es muy tóxico para todos los invertebrados sujetos a pruebas que no eran blancos del producto, en especial las abejas, los crisopos y una gama de otros insectos depredadores. Los residuos en el follaje fueron muy tóxicos para las abejas 24 horas después de la aplicación (mortalidad del 100%). Algunos informes muestran que el monocrotofos es más tóxico para los insectos beneficiosos que para las plagas” (US-EPA, 1985)<sup>158</sup>.

---

<sup>156</sup> US-EPA (1985). Op. Cit., p. 52.

<sup>157</sup> US-EPA (1985). Ibíd., p. 54.

<sup>158</sup> US-EPA (1985). Ibíd., p. 58.

### 9.3. DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

#### 9.3.1. Determinación del Impacto Ambiental en el Suelo por la Utilización de Plaguicidas

- **Degradación de la Población Microbiológica del Suelo en Cada Uno de los Lotes.**

En la Tabla 22 se registran los organismos microbiológicos evaluados en el suelo de la parcela bajo el modelo convencional antes de la siembra del arroz, para comparar los resultados con la evaluación microbiológica del suelo de la parcela en reconversión en la misma época (Tabla 23).

**Tabla 22. Resultados de los análisis microbiológicos del suelo en el lote convencional antes de la siembra**

ANÁLISIS	RESULTADOS
Recuento de Mesófilos	$1.4 \cdot 10^6$ UFC/g
Recuento de Mohos y levaduras ( <i>Fusarium</i> , <i>Mucor</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Aspergillus</i> y <i>Penicillium</i> )	$4.8 \cdot 10^5$ UFC/g
Recuento de Actinomicetos	$2.8 \cdot 10^6$ UFC/g
Bacterias	400 NMP/g
Bacterias Nitrificantes ( <i>Nitrosomonas</i> , <i>Azotobacter</i> )	
NMP de microorganismos nitrosos	445 NMP/g
NMP de microorganismos nítricos	550 NMP/g

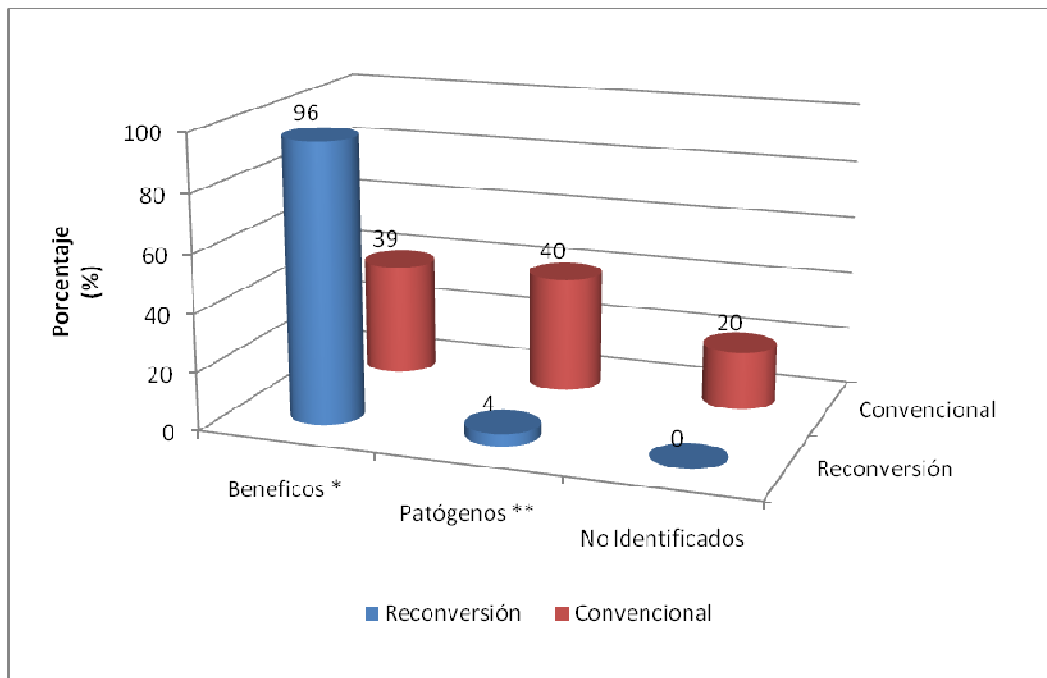
✓ **Principales Géneros de Microorganismos Encontrados en el Suelo Bajo el Tratamiento Convencional Evaluados Antes de la Siembra.** Los principales géneros de hongos encontrados en el suelo evaluado antes de la siembra fueron *Fusarium* y *Mucor*, los cuales son patógenos, en una proporción aproximada del 20% cada uno; en menor proporción se encontraron hongos de los géneros *Trichoderma*, *Aspergillus* y *Penicillium*, cada uno aproximadamente en 13%. Por otro lado los géneros *Trichoderma*, *Aspergillus* y *Penicillium* son benéficos por ser degradadores de celulosa y producir sustancias que previenen enfermedades en las plantas. El 20% restante de microorganismos no se pudo identificar.

**Tabla 23. Resultados de los análisis microbiológicos del suelo en el lote en reconversión antes de la siembra**

ANALISIS	RESULTADOS
Recuento de Mesófilos	5.5*10 <sup>6</sup> UFC/g
Recuento de Mohos y levaduras ( <i>Trichoderma</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Candida</i> , <i>Fusarium</i> y <i>Mucor</i> )	7.5*10 <sup>6</sup> UFC/g
Recuento de Actinomicetos ( <i>Streptomyces</i> )	6.0*10 <sup>6</sup> UFC/g
Bacterias (ácido lácticas, fotosintéticas)	4100 NMP/g
Bacterias Nitrificantes ( <i>Nitrosomonas</i> , <i>Nitrobacter</i> y <i>Azotobacter</i> )	
NMP de microorganismos nitrosos	3110 NMP/g
NMP de microorganismos nítricos	4500 NMP/g

✓ **Principales Géneros de Microorganismos Encontrados en el Suelo Bajo el Tratamiento en Reconversión Evaluados Antes de la Siembra.** Los principales géneros de hongos encontrados en el suelo del lote en reconversión evaluado antes de la siembra del arroz fueron los *Trichoderma*, *Aspergillus* y *Penicillium* en una proporción aproximada del 8% cada uno. Por otro lado los principales géneros de bacterias del ácido láctico encontradas fueron *Lactobacillus*, y *Streptococcus* a una proporción aproximada del 6% cada una. Estas bacterias son degradadoras de materia orgánica, convirtiéndola en vitaminas y antioxidantes. Los géneros de bacterias fotosintéticas registradas fueron *Rhodopseudomonas* y *Rhodobacter* a razón del 5% cada uno, que al igual que las anteriores bacterias secretan sustancias benéficas para los cultivos. En cuanto a los géneros de levaduras, se reconocieron los *Saccharomyces* y *Candida* a razón del 6% cada uno, que degradan la materia orgánica, transformándola en ácidos orgánicos y minerales. El género de actinomiceto registrado fue el *Streptomyces* a una proporción del 8%. Con respecto a las bacterias fijadoras de nitrógeno se registraron los géneros *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* y *Azotobacter* a razón del 10% cada una, las cuales captan nitrógeno del aire y del suelo y lo dejan disponible para el aprovechamiento de las plantas. Por otro lado en una muy baja proporción, tan solo del 2% aproximadamente cada uno se registraron los géneros *Fusarium* y *Mucor*.

**Figura 42. Porcentaje de microorganismos benéficos y patógenos para el cultivo registrados en el suelo del lote convencional y del lote en reconversión antes de la siembra**



\* *Trichoderma, Aspergillus, Penicillium Lactobacillus, Streptococcus Rhodopseudomonas, Rhodobacter, Saccharomyces, Candida Streptomyces, Nitrosomonas, Nitrobacter y Azotobacter*

\*\* *Fusarium y Mucor*

Como se observa en la Figura 42, los niveles poblacionales de microorganismos del suelo, benéficos para el cultivo en la época de pre-siembra fueron 57% mayores en la parcela en reconversión, con respecto a los niveles registrados en la parcela convencional. Con relación a los niveles poblacionales de organismos del suelo patógenos, se observa que en la parcela convencional estos están en un 36% por encima de los niveles evaluados en la parcela en reconversión. Con respecto a los microorganismos no identificados, se observa un 20% no identificado, mientras en la parcela en reconversión es detallado el 100% de los microorganismos.

En la Tabla 24 se muestran los resultados de la evaluación microbiológica del suelo en el lote en reconversión después de la cosecha.



**Tabla 24. Resultados de los análisis microbiológicos del suelo en el lote en reconversión después de la cosecha**

ANÁLISIS	RESULTADOS
Recuento de Mesófilos	8.2*10 <sup>5</sup> UFC/g
Recuento de Mohos y levaduras	5.9*10 <sup>5</sup> UFC/g
Recuento de Actinomicetos	4.5*10 <sup>5</sup> UFC/g
Bacterias	3400 UFC/g
Bacterias Nitrificantes	
NMP de microorganismos nitrosos	2510 NMP/g
NMP de microorganismos nítricos	3830 NMP/g

✓ **Principales Géneros de Microorganismos Encontrados en el Suelo Bajo el Tratamiento en Reconversión Evaluados Después de la Cosecha.** Los principales géneros de hongos encontrados en el suelo del lote en reconversión evaluados al final de ciclo productivo fueron el *Trichoderma*, *Aspergillus* y *Penicillium* en una proporción aproximada del 5% cada uno. Por otro lado los principales géneros de bacterias del ácido láctico encontrados fueron *Lactobacillus*, y *Streptococcus* a una proporción aproximada del 4% cada una. Mientras que los géneros de bacterias fotosintéticas registradas se encontraron los *Rhodopseudomonas* y los *Rhodobacter* a razón del 5% cada uno. En cuanto a los géneros de levaduras encontradas se registraron los *Saccharomyces* y *Candida* a razón del 6% cada uno. El género de actinomiceto encontrado fue *Streptomyces* a una proporción del 5%. Con respecto a las bacterias fijadoras de nitrógeno se registraron los géneros *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* y *Azotobacter* a razón del 10% cada una. En cuanto a los microorganismo patógenos para el cultivo, se encontró el género *Fusarium* y *Mucor sp* a razón del 10% cada una.

En la Tabla 25 se muestran los resultados de la evaluación microbiológica del suelo en el lote bajo el modelo convencional después de la cosecha.

**Tabla 25. Resultados de los análisis microbiológicos del suelo en el lote convencional después de la cosecha**

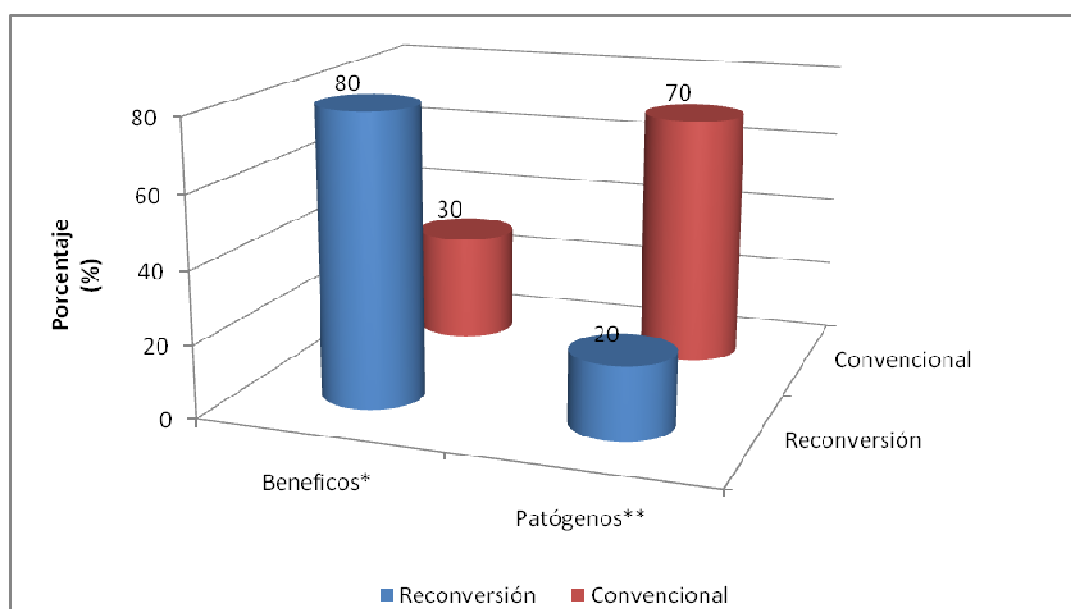
ANÁLISIS	RESULTADOS
Recuento de Mesófilos	4.6*10 <sup>4</sup> UFC/g
Recuento de Mohos y levaduras	1.1*10 <sup>2</sup> UFC/g

Recuento de Actinomicetos	1.5*10 <sup>2</sup> UFC/g
Bacterias	400 NMP/g
Bacterias Nitrificantes	
NMP de microorganismos nitrosos	0.4 NMP/g
NMP de microorganismos nítricos	0 NMP/g

✓ **Principales Géneros de Microorganismos Encontrados en el Suelo Bajo el Tratamiento Convencional Evaluados Después de la Cosecha.** Los principales géneros de hongos encontrados en el suelo evaluado después de la cosecha fueron *Fusarium* y *Mucor* en una proporción aproximada de 35% cada uno; y en una proporción del 15% cada uno, se encontraron hongos de los géneros *Trichoderma*, *Aspergillus* y *Penicillium*.

Según la Figura 43 en la parcela en reconversión la población de microorganismos del suelo, benéficos para el cultivo, se encuentran en un 50% por encima de los niveles poblacionales registrados en la parcela convencional en la época de post-cosecha. Mientras en la parcela convencional los organismos del suelo patógenos para el cultivo, se encuentran en un 50% por encima de los niveles registrados en la parcela agroecológica en la época de post-cosecha.

**Figura 43. Porcentaje de microorganismos benéficos y patógenos para el cultivo registrados en el suelo del lote convencional y del lote en reconversión después de la cosecha**

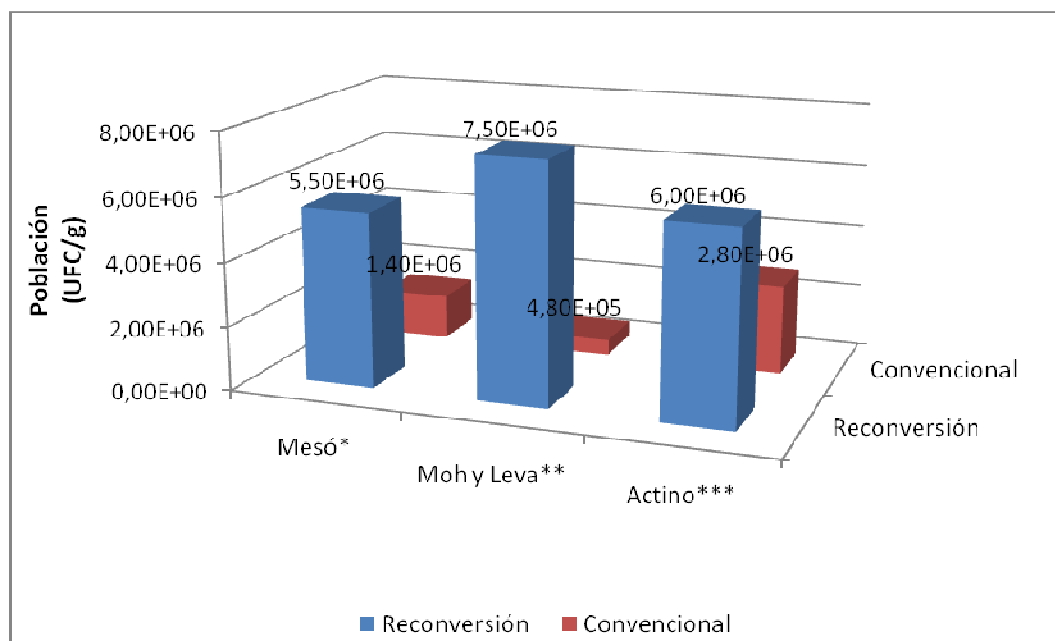


\* *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium* *Lactobacillus*, *Streptococcus* *Rhodopseudomonas*, *Rhodobacter*, *Saccharomyces*, *Candida* *Streptomyces*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* y *Azotobacter*

\*\* *Fusarium* y *Mucor*

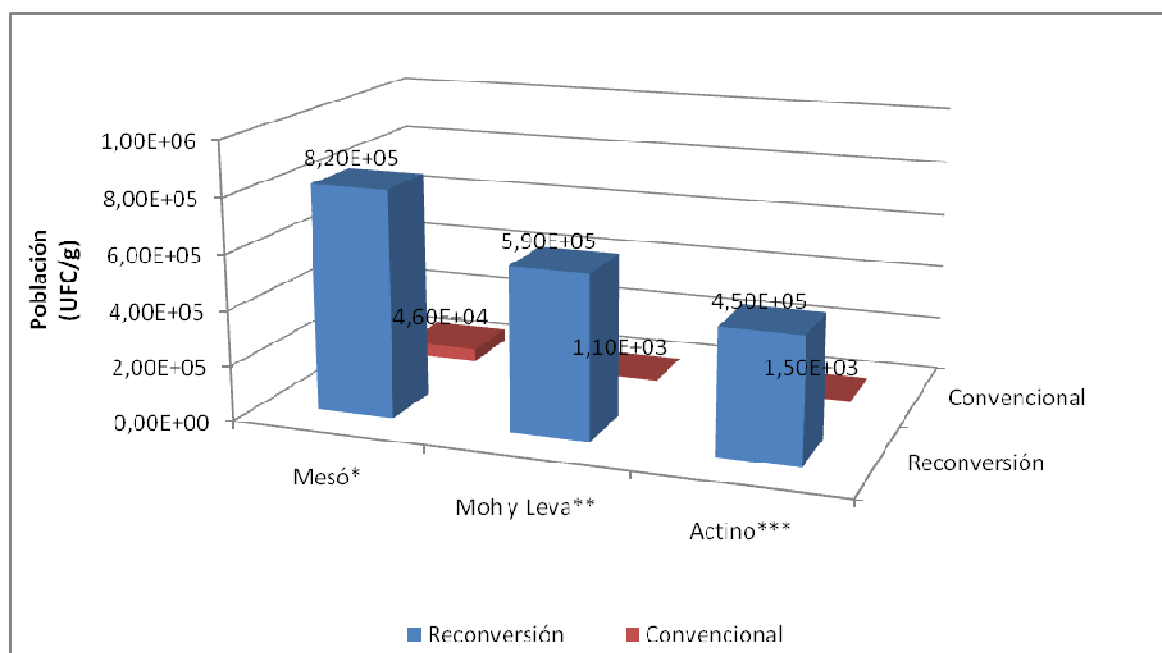
✓ **Análisis de los Resultados de las Evaluación Microbiológica del Suelo en las Dos Parcelas de Estudio.** Si se observa el comportamiento de las poblaciones microbiológicas benéficas para el cultivo y se comparan los resultados entre los dos modelos de agricultura a través del tiempo, básicamente se observa mayores poblaciones de esta microflora en la parcela bajo el modelo de agricultura en reconversión con respecto a la parcela del manejo convencional (Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46 y Figura 47), muy probablemente debido a los mayores niveles de materia orgánica en el lote en reconversión y la no utilización de plaguicidas que ocasionan daños a estos microorganismos. Además la utilización de productos biológicos en el lote en reconversión incidió de gran manera en el aumento de la población de microorganismos benéficos para el cultivo, pues los principales géneros de microorganismos registrados son los mismos presentes en los insumos biológicos. En cuanto a la diversidad de microorganismos, también fueron mayores en el tratamiento en reconversión, encontrándose géneros de organismos benéficos que fueron inoculados en el terreno desde el principio del ensayo. Mientras que en el lote bajo el modelo de agricultura convencional no solo los niveles poblacionales fueron mas bajos con respecto al otro lote, sino que se presentaron géneros de microorganismos como el *Fusarium*, y el *Mucor* causantes de enfermedades, en mayores proporciones que en el cultivo en reconversión.

**Figura 44. Poblaciones de microorganismos en cada uno de los lotes antes de la siembra**



\*Mesófilos, \*Mohos y Levaduras y \*\*\*Actinomicetos

**Figura 45. Poblaciones de microorganismos en cada uno de los lotes después de la cosecha**



\*Mesófilos, \*\*Mohos y Levaduras y \*\*\*Actinomicetos

Figura 46. Poblaciones de bacterias en cada uno de los lotes antes de la siembra

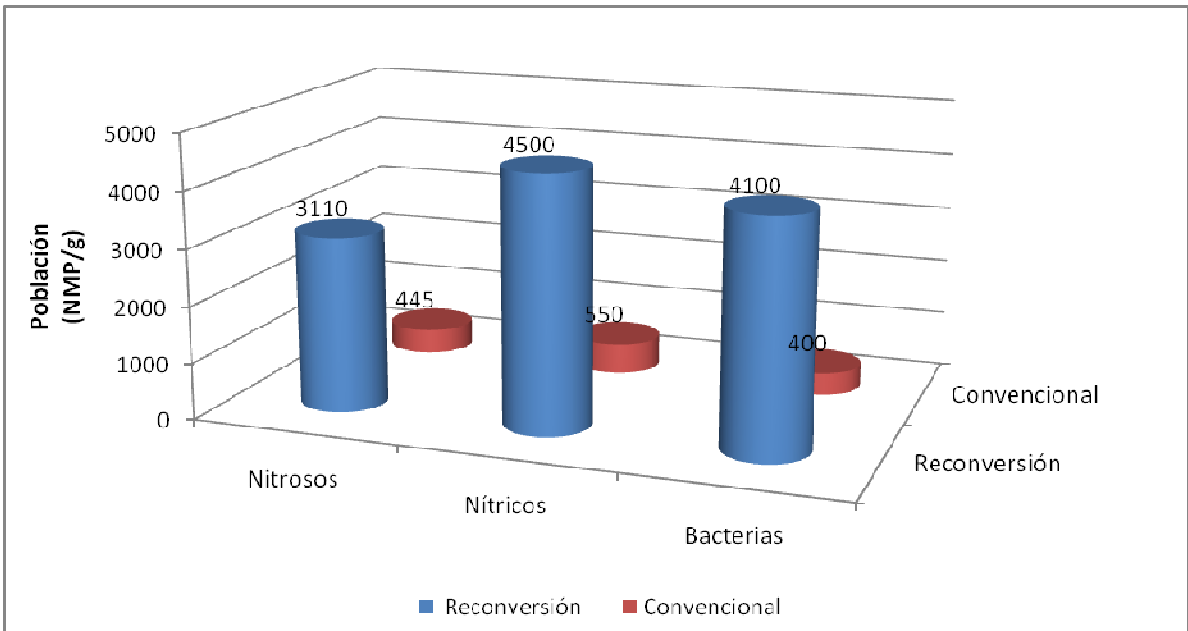
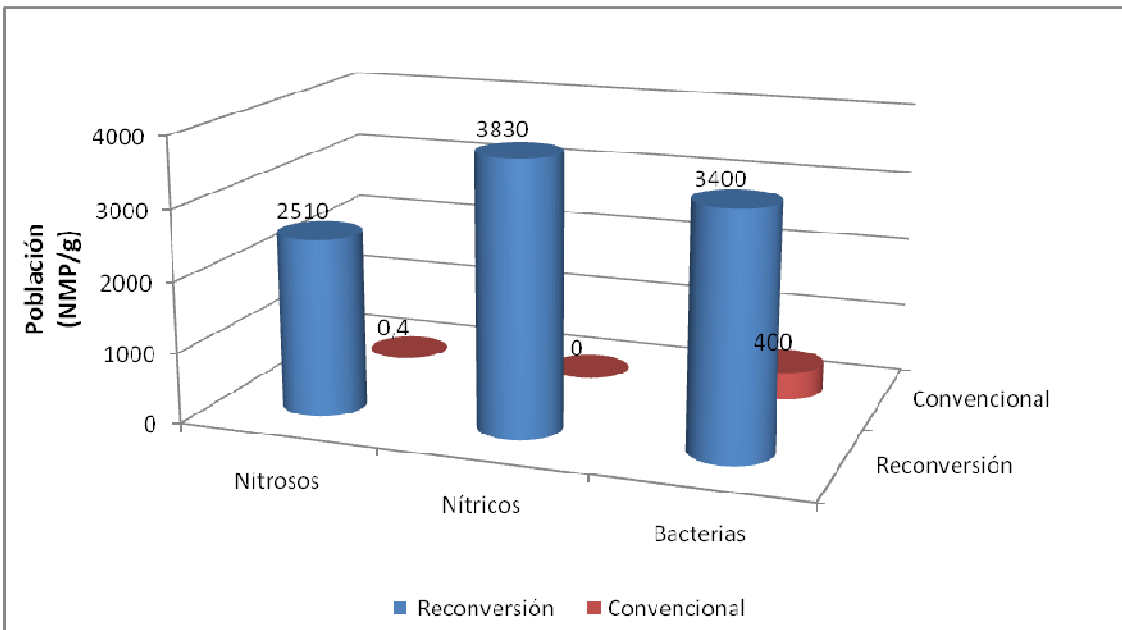


Figura 47. Poblaciones de bacterias nitrificantes en cada uno de los lotes después de la cosecha



Como se había mencionado anteriormente, los niveles de microflora total son mayores en la parcela bajo el tratamiento convencional con respecto a la otra parcela, a través del tiempo, sin embargo, las poblaciones experimentan disminuciones en cada uno de los dos tratamientos, presentándose con mayor intensidad en el lote bajo el tratamiento convencional, mientras que las disminuciones de microorganismos en el lote bajo el modelo de agricultura en reconversión son mucho menores.

En el caso particular de las bacterias nitrificantes, dentro de las cuales están las bacterias del género *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* y *Azotobacter*, benéficas para el suelo, notamos que en la parcela bajo el tratamiento convencional este tipo de microorganismos disminuye a cero al final del ciclo del cultivo del arroz, mientras en la parcela en reconversión, las poblaciones se conservan muy homogéneas antes de la siembra y al final de la cosecha, manteniendo las características microbiológicas adecuadas para obtener un suelo sano. En el caso de los organismos Nitrosos, la parcela convencional mostro una población 86% más baja con respecto a la población registrada en la parcela en reconversión en la época de pre-siembra. Mientras en la época de post-cosecha la población de estos organismos se mostro 79% más bajo que la población en la parcela en reconversión. Este comportamiento fue muy similar, referente a las bacterias nítricas, pues en la época de pre-siembra se registro una población 87% menor en la parcela convencional con respecto a la parcela en reconversión. Mientras en la época de post-cosecha en la parcela convencional estas bacterias estuvieron 85% por debajo con respecto a la población de la parcela en reconversión.

Por parte de las bacterias no nitrificantes, tales como las fotosintéticas y las ácido lácticas se presentaron en altas poblaciones en la parcela en reconversión antes de la siembra y después de la cosecha, aunque a través del tiempo se presento una disminución de la población al final del ciclo productivo. La disminución de la población de las bacterias al final de la cosecha con respecto a la población en la época de pre-siembra en la misma parcela fue del 17%. Mientras la población de bacterias en la parcela convencional antes de la siembra esta en un 90% por debajo de la población registrada en la parcela agroecológica en la misma época. Y al final de la cosecha la población de bacterias en la parcela convencional sigue siendo 73% más baja con respecto a la población registrada en la parcela en reconversión en la misma época.

En general el modelo de agricultura convencional está degradando o impactando en mayor medida las características microbiológicas del suelo afectando su óptimo rendimiento, no solo por los bajos niveles poblacionales registrados, sino por la ausencia de microflora benéfica para mantener la salud del suelo; mientras que el desarrollo de la agricultura en reconversión genera menor impacto ambiental, porque no degrada la microbiología del suelo, en tan alta proporción como lo hace la agricultura convencional, por el contrario aumenta la microflora benéfica para el desarrollo óptimo del cultivo.

**9.3.2. Impacto ambiental por la degradación de las características químicas del suelo en cada parcela.** De acuerdo con Álvarez<sup>159</sup> los requerimientos nutricionales del cultivo del arroz por hectárea se muestran en la Tabla 26.

**Tabla 26. Requerimientos nutricionales del arroz por hectárea**

MACROELEMENTOS	ELEMENTOS MENORES
145 Kg de Nitrógeno	75 – 200 mg Fe/Kg
32 Kg de Fosforo	200 – 800 mg Mn/Kg
105 Kg de Potasio	25 – 50 mg Zn/Kg
	8 – 25 mg Cu/Kg

En las Tablas 27 y 28 se muestran los resultados del análisis de caracterización y elementos menores de las muestras de suelo de las parcelas antes de la siembra, con el fin de observar las condiciones químicas en las cuales se encuentra el suelo y poder comparar con las condiciones que se encuentran la final del ciclo productivo.

**Tabla 27. Resultados del suelo del lote convencional antes de la siembra**

PROF cm.	pH	HUMEDAD %	M.O. %	N TOTAL %	P DISP mg/kg	GRANULOMETRIA %			
						A	L	Ar	TEXTURA
0-20	5.74	4.07	5.06	0.25	< 0.56*	25.17	31.83	43.00	Ar

\*Señal mínima detectada por el método como límite de detección.

Ca Meq/100g	Mg Meq/100g	Na Meq/100g	K Meq/100g	C.I.C Meq/100g	BT Meq/100g	STB %	ELEMENTOS MENORES			
							Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	Zn mg/Kg	Cu mg/Kg
5.23	4.61	0.07	0.10	64.18	10.01	15.60	44.74	142.38	5.45	9.67

- **Interpretación de los resultados del análisis de caracterización y elementos menores del suelo de la parcela bajo prácticas convencionales antes de la siembra.** Este lote convencional presenta un pH moderadamente ácido, un porcentaje de materia orgánica medio a alto, siendo el ideal. Un porcentaje de nitrógeno medio a

<sup>159</sup> **ÁLVAREZ, O.J.:** Interpretación de análisis de suelo y bases para la aplicación de fertilizantes. Bogotá, 1979. 75 p.

alto o ideal. Por otro lado el fosforo disponible está muy bajo. El calcio está un poco bajo, el magnesio esta normal y el potasio esta bajo. La capacidad de intercambio catiónico es alta, las bases totales de cambio son normales y la saturación total de bases de cambio es normal. Los elementos menores están normales. La relación calcio magnesio sobre potasio es condicionada y la relación calcio magnesio también lo es, por lo tanto es recomendable aumentar los niveles de calcio. El porcentaje de carbono orgánico es ideal y nitrógeno disponible es de 70 Kg/Ha, siendo bajo, pues el cultivo de arroz requiere de 145 Kg/Ha de nitrógeno disponible.

Por otro lado los resultados de los análisis de suelo del lote en reconversión arrojaron los siguientes datos que se adjuntan en la Tabla 29:

**Tabla 28. Resultados del suelo del lote en reconversión antes de la siembra**

PROF cm.	pH	HUMEDAD %	M.O. %	N TOTAL %	P DISP mg/kg	GRANULOMETRIA %			
						A	L	Ar	TEXTURA
0-20	5.77	5.82	9.53	0.48	5.04	42.93	26.44	30.63	F-Ar

Ca Meq/100g	Mg Meq/100g	Na Meq/100g	K Meq/100g	C.I.C Meq/100g	BT Meq/100g	STB %	ELEMENTOS MENORES			
							Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	Zn mg/Kg	Cu mg/Kg
9.01	6.63	0.04	1.08	50.34	16.76	15.60	44.74	142.38	5.45	9.67

- **Interpretación de los resultados del análisis de caracterización y elementos menores del suelo de la parcela en reconversión antes de la siembra.** El suelo del lote en reconversión presenta un pH moderadamente ácido y un porcentaje de materia orgánica alto. El nitrógeno presenta un porcentaje alto, por otro lado el fosforo disponible está muy bajo. El calcio está normal, el magnesio esta normal y el potasio está muy alto. La capacidad de intercambio catiónico es alta, las bases totales de cambio son normales y la saturación total de bases de cambio es normal. Los elementos menores están normales. La relación calcio magnesio sobre potasio es normal y la relación calcio magnesio es condicionada, por lo tanto es recomendable aumentar en muy poca proporción los niveles de calcio. El porcentaje de carbono orgánico es ideal y nitrógeno disponible es de 70 Kg/Ha, siendo bajo, pues el cultivo de arroz requiere de 145 Kg/Ha de nitrógeno disponible.

En la Tabla 29 se muestran los resultados del análisis de caracterización y elementos menores de la muestra de suelo de la parcela bajo el modelo convencional después de la cosecha, con el fin de observar las condiciones químicas en las cuales termino el suelo al final del ciclo productivo.





**Tabla 29. Resultados de caracterización y elementos menores del suelo del lote convencional después de la cosecha**

**Propietario:** Joel Toro

**Predio:** El Limonar

**Municipio:** Jamundí

**Corregimiento:** Timba (Valle)

**Vereda:** La Bertha

**Altura:** 1.011 msnm

PERFIL	PROF cm.	pH	HUMEDAD %	M.O. %	N TOTAL %	Aluminio Intercambiable Al+3/100g	Acidez Intercambiable H+/100g	P DISP meq/100g	GRANULOMETRIA %			
									A	L	Ar	TEXTURA
1	0-20	5.39	11.55	3.44	0.32	0.32	0.55	0.56*	42.10	28.06	29.84	F-Ar

PERFIL	Ca Meq/100g	Mg Meq/100g	Na Meq/100g	K Meq/100g	C.I.C Meq/100g	BT Meq/100g	STB %	ELEMENTOS MENORES			
								Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	Zn mg/Kg	Cu mg/Kg
1	7.41	0.84	0.07	0.10	33.31	8.46	25.40	195.69	103.59	4.92	7.90

\*Señal mínima detectada por el método como límite de detección.

- **Interpretación de los resultados del análisis de caracterización y elementos menores del suelo de la parcela bajo prácticas convencionales después de la cosecha.**

El suelo del lote bajo prácticas convencionales presentó un pH muy ácido y un porcentaje de materia orgánica medio. El nitrógeno presenta un porcentaje alto, aunque para el cultivo de arroz es bajo, la relación carbono-nitrógeno califica baja; por otro lado el fósforo disponible está muy bajo. El calcio está alto, y su porcentaje de saturación es bajo, el magnesio está bajo y su porcentaje de saturación es bajo, el sodio es bajo como debería ser y su porcentaje de saturación también está bajo. El potasio está bajo y su porcentaje de saturación también. La capacidad de intercambio catiónico es alta, aunque las bases intercambiables son generalmente bajas, las bases totales de cambio son normales y la saturación total de bases de cambio es normal. Los elementos menores están normales. La relación calcio magnesio sobre potasio es normal y la relación calcio magnesio es condicionada, por lo tanto es recomendable aumentar en muy poca proporción los niveles de calcio. El porcentaje de carbono orgánico es ideal.

- ✓ **Análisis de fertilidad del suelo de la parcela bajo el modelo convencional**

➤ **Nitrógeno** Si tenemos en cuenta que el requerimiento de nitrógeno para un cultivo de arroz es de 145 Kg/Ha, y en el momento en la parcela convencional solo hay 89.6 Kg/Ha, existe un déficit de 55.4 Kg/Ha.

Para alcanzar el nivel óptimo de nitrógeno en el suelo de esta parcela, es necesario aplicar 150 Kg/Ha de Urea.

➤ **Fósforo.** Según los resultados del análisis de suelo de esta parcela, los niveles de fósforo encontrados toman un valor de 0.56 meq/100g

Si se sabe que un cultivo de arroz requiere 32 Kg de fósforo por hectárea, y en el suelo de esta parcela solo hay 2.24 Kg/ha, existe un déficit de 29.76 Kg/Ha de fósforo.

Para enmendar y corregir las deficiencias de fósforo en el suelo de la parcela convencional, es necesaria la aplicación de fertilizantes como el DAP. Si se tiene en cuenta que cien kilogramos de DAP aporta 10 Kg de  $P_2O_5$ , entonces para alcanzar el nivel óptimo de fósforo en el suelo, es necesario aplicar 300 Kg/Ha de DAP.

➤ **Potasio.** Según el resultado del análisis de suelo de esta parcela, existe 0.10 meq de K/100g.

93.6 Kg/Ha es lo que hay disponible de potasio en el suelo en esta parcela, sin embargo un suelo para el cultivo del arroz requiere de 105 Kg/Ha, es decir que hay una deficiencia de 11.4 Kg/Ha de  $K_2O$ . Para contrarrestar este déficit en un cultivo convencional de arroz se proporcionan al suelo fertilizantes sintéticos como el KCL. Se conoce que cien kilogramos de KCL aporta 60 Kg de  $K_2O$ , entonces hay que corregir la deficiencia de 11.4 Kg/Ha de  $K_2O$ , aplicando al suelo 20 Kg/Ha de KCL.

- **Interpretación de los Resultados del Análisis de Caracterización y Elementos menores del Suelo de la Parcela en reconversión después de la cosecha.** Según la Tabla 30, el suelo del lote bajo prácticas de reconversión presentó un pH moderadamente ácido y un porcentaje de materia orgánica alto. El nitrógeno presenta un porcentaje alto, la relación carbono-nitrógeno califica baja; por otro lado el fósforo disponible está moderadamente bajo. El calcio está alto, y su porcentaje de saturación es bajo, el magnesio está bajo y su porcentaje de saturación es bajo, el sodio es bajo como debería ser y su porcentaje de saturación también está bajo. El potasio está bajo y su porcentaje de saturación también. La capacidad de intercambio catiónico es alta. Las bases totales de cambio son normales y la saturación total de bases de cambio es normal. Los elementos menores están normales. La relación calcio magnesio sobre potasio es normal y la relación calcio magnesio es condicionada, por lo tanto es recomendable aumentar en muy poca proporción los niveles de calcio y el porcentaje de carbono orgánico es ideal.

**Tabla 30. Resultados de Caracterización y Elementos Menores del Suelo del Lote en Reconversión Después de la Cosecha**

**Propietario:** Harvey Basan

**Predio:** El Renacer

**Municipio:** Jamundí

**Corregimiento:** Timba (Valle)

**Vereda:** La Bertha

**Altura:** 1.011 msnm

PERFIL	PROF cm.	pH	HUMEDAD %	M.O. %	N TOTAL %	Aluminio Intercambiable Al+3/100g	Acidez Intercambiable H+/100g	P DISP meq/100g	GRANULOMETRIA %			
									A	L	Ar	TEXTURA
1	0-20	5.66	4.45	6.34	0.82	0.32	0.55	4.46	49.87	26.32	23.81	F-Ar-A

PERFIL	Ca Meq/100g	Mg Meq/100g	Na Meq/100g	K Meq/100g	C.I.C Meq/100g	BT Meq/100g	STB %	ELEMENTOS MENORES			
								Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	Zn mg/Kg	Cu mg/Kg
1	7.21	0.94	0.09	0.11	32.21	8.76	26.42	360.69	119.19	5.92	8.90

✓ **Análisis de Fertilidad del Suelo de la Parcela Bajo El Modelo en Reconversión.**

Una vez realizado la interpretación de los análisis físico-químicos del suelo de la parcela bajo el modelo en reconversión al final del ciclo productivo, se analiza la fertilidad del suelo.

➤ **Nitrógeno** Si tenemos en cuenta que el requerimiento de nitrógeno para un cultivo de arroz es de 145 Kg/Ha, y en el momento solo hay 134.4 Kg/Ha en la parcela bajo el modelo en reconversión, existe un déficit de 10.6 Kg/Ha. Para lograr cubrir este déficit nutricional en el cultivo, es necesaria la aplicación de fertilizantes orgánicos. En este caso se utilizó el Inducstar N.

Ahora, si sabemos que 1 litro por hectárea de Inducstar N aporta al suelo 0.76 kilogramos de nitrógeno, se determina que la cantidad de Inducstar N necesaria para compensar el déficit de 10.6 Kg/Ha es de de 13.9 L/Ha  $\approx$  15 L/Ha

➤ **Fósforo.** Según los resultados del análisis de suelo de la parcela en reconversión, los niveles de fósforo encontrados toman un valor de 4.46 meq/100g

Si se sabe que un cultivo de arroz requiere 32 Kg de fósforo por hectárea, y en el suelo de esta parcela solo hay 17.84 Kg/ha, existe un déficit de 14.16 Kg/Ha de  $P_2O_5$ .

Para enmendar y corregir las deficiencias de fósforo en el suelo, en el cultivo en reconversión, fue necesaria la aplicación de Codiphos, fertilizante orgánico rico en fósforo. Si se tiene en cuenta que 1 kilo de Codiphos aporta 0.19 Kg de  $P_2O_5$ , es necesario aplicar 74.5 Kg/Ha de Codiphos.

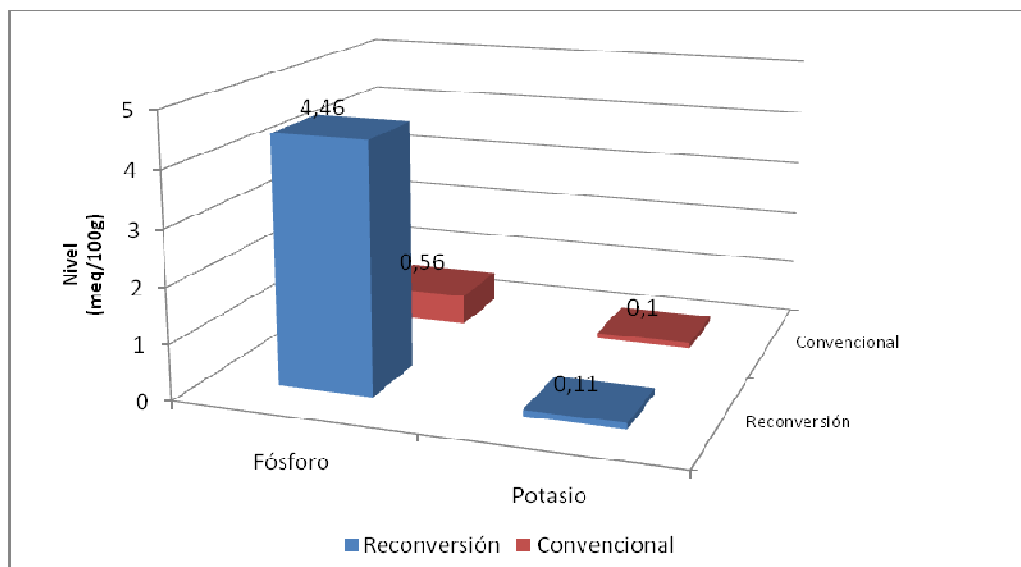
➤ **Potasio.** 102.96 Kg/Ha es lo que hay disponible de potasio en el suelo de esta parcela, sin embargo un suelo para el cultivo del arroz requiere de 105 Kg/Ha, es decir que hay una deficiencia de 2.04 Kg/Ha de  $K_2O$ . Para contrarrestar este déficit en un cultivo en reconversión de arroz, se proporcionan al suelo fertilizantes orgánicos ricos en potasio, en este caso en particular se utilizó el Biosolnew. Si se tiene en cuenta que 1 kilo de Biosolnew aporta 0.19 Kg de  $K_2O$ , es necesario aplicar 17.7 Kg/Ha de Biosolnew.

• **Análisis de los Resultados de la Evaluación de las Características Químicas del suelo en las Dos Parcelas del Estudio.** En la Figura 48 se observan los niveles de fósforo y potasio en el suelo, al final del ciclo productivo del arroz, en ambos modelos de agricultura evaluados.

Según los resultados de los análisis de caracterización y elementos menores del suelo de las parcelas estudiadas y la Figura 48, el fósforo se mostro en un 47.8% más bajo en

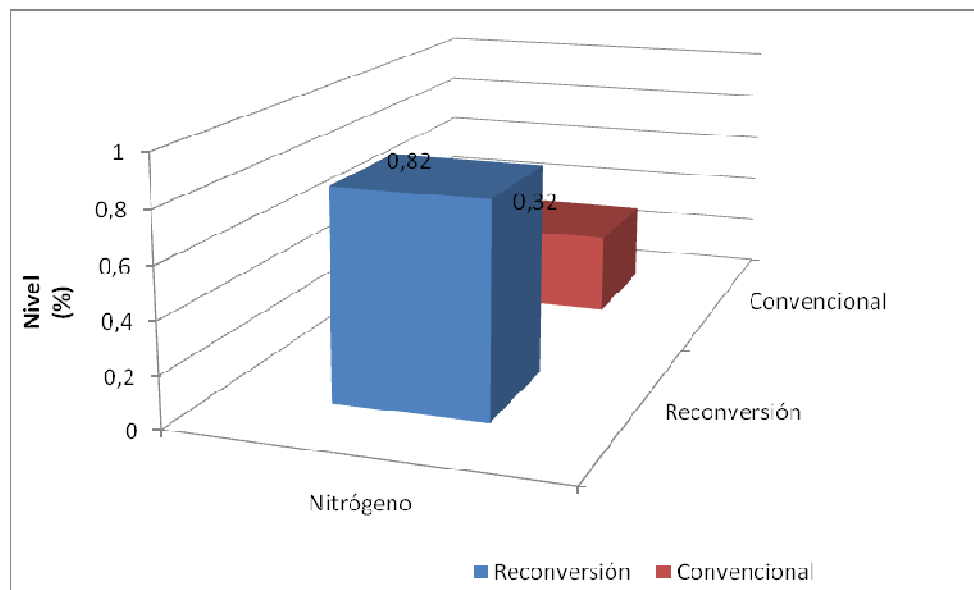
la parcela bajo el modelo convencional, con respecto a la parcela en reconversión, al momento en que finaliza el ciclo productivo. Sin embargo los niveles de potasio se encontraron parejos entre ambos modelos, aunque en el modelo en reconversión los niveles siguen siendo 9% más altos con respecto al modelo convencional. Esta situación evidencia un desgaste de mayor proporción en el suelo de producción convencional y unas condiciones químicas más estables en la parcela en reconversión.

**Figura 48. Niveles de fósforo y potasio al final de ciclo productivo del arroz en los dos modelos de agricultura**



En cuanto a los niveles de nitrógeno registrados en los resultados del análisis del suelo al final del ciclo productivo, se observan niveles mayores en la parcela bajo prácticas en reconversión con respecto a los niveles de nitrógeno de la parcela bajo el modelo convencional. En la Figura 49 se observa una diferencia de 0.5% en los niveles de nitrógeno entre cada una de las parcelas al final del ciclo productivo, a favor del modelo en reconversión. En cuanto a los niveles óptimos de nitrógeno para el cultivo de arroz, la parcela en reconversión se encuentran en un 92.4% más cerca del óptimo, mientras el lote convencional los niveles se encuentran a 61.7% del óptimo.

**Figura 49. Niveles de nitrógeno al final de ciclo productivo del arroz en ambos modelos de agricultura evaluados**

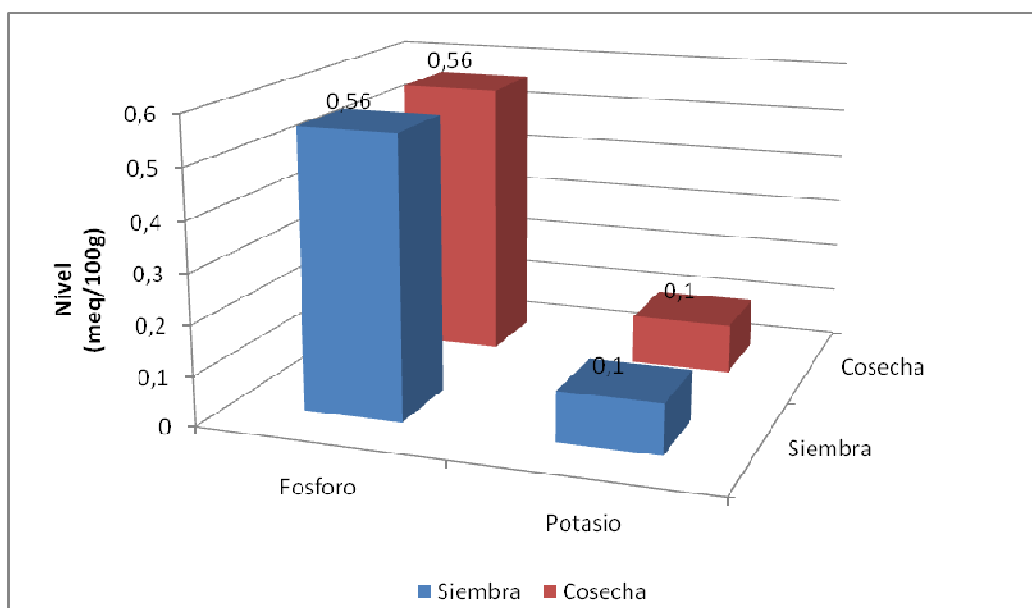


Si comparamos los niveles de macronutrientes del suelo entre las parcelas evaluadas, a través del tiempo, en general, se observa que se presentaron niveles muy bajos en la parcela bajo el modelo convencional, mientras en la parcela bajo el modelo en reconversión los niveles se registraron más altos como se observa en las Figuras 50, 51, 52 y 53.

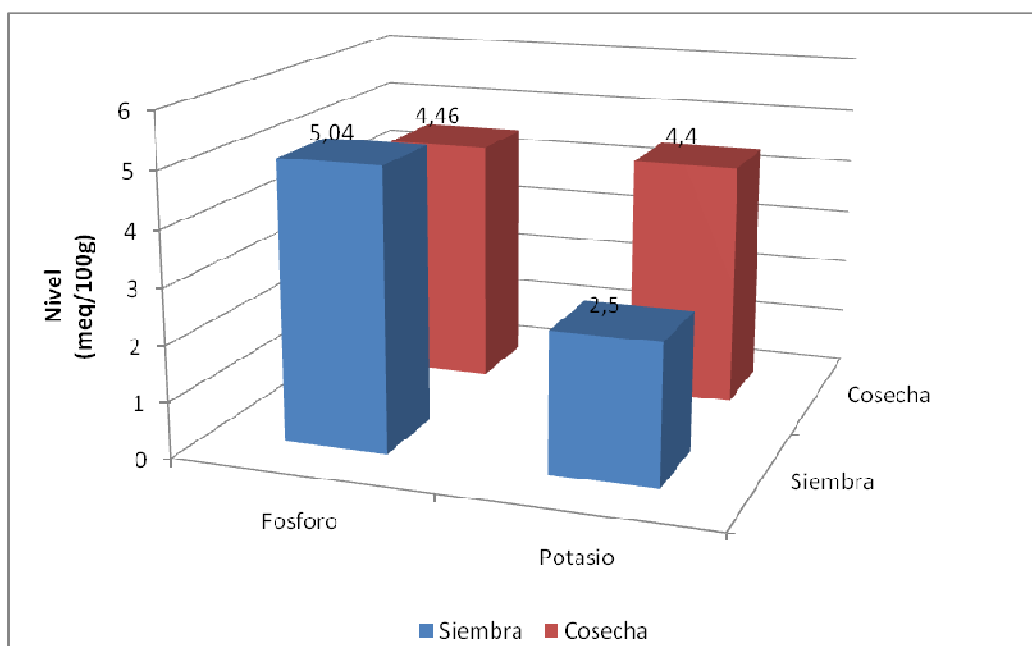
Específicamente, en la Figura 50 los niveles de fósforo y potasio se presentaron en igual proporción a través del tiempo en la parcela bajo prácticas convencionales, y mientras en la Figura 51 se observa que los niveles finales de fósforo disminuyeron en 56% con respecto a los niveles encontrados al inicio del ciclo de producción, sin embargo los niveles de fósforo son 56% mayores en la parcela en reconversión con respecto a la parcela convencional, antes de la siembra, y después de la cosecha son 48.75% mayores. En cuanto al potasio, en la parcela en reconversión se encontró que el nivel antes de la siembra es 11% más alto que en la parcela convencional y al final es 25% más alto. Por otro lado, en la Figura 52 se observa que los niveles de nitrógeno en la parcela bajo el modelo convencional presentaron un aumento del 28% al final del ciclo productivo, con respecto a los niveles encontrados antes de la siembra, aunque este nivel de nitrógeno final está en un 13,3% por debajo de los niveles encontrados en la misma etapa del modelo de agricultura en reconversión, como se observa en la Figura 53.



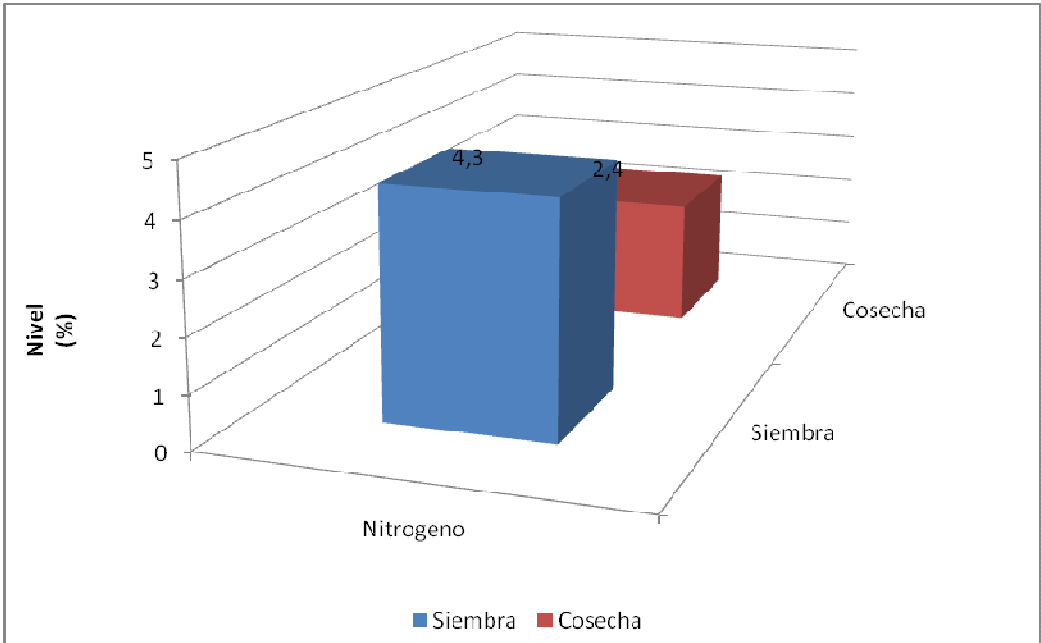
**Figura 50. Niveles de fósforo y potasio en el suelo antes de la siembra y al final de ciclo productivo del arroz en la parcela del modelo de agricultura convencional**



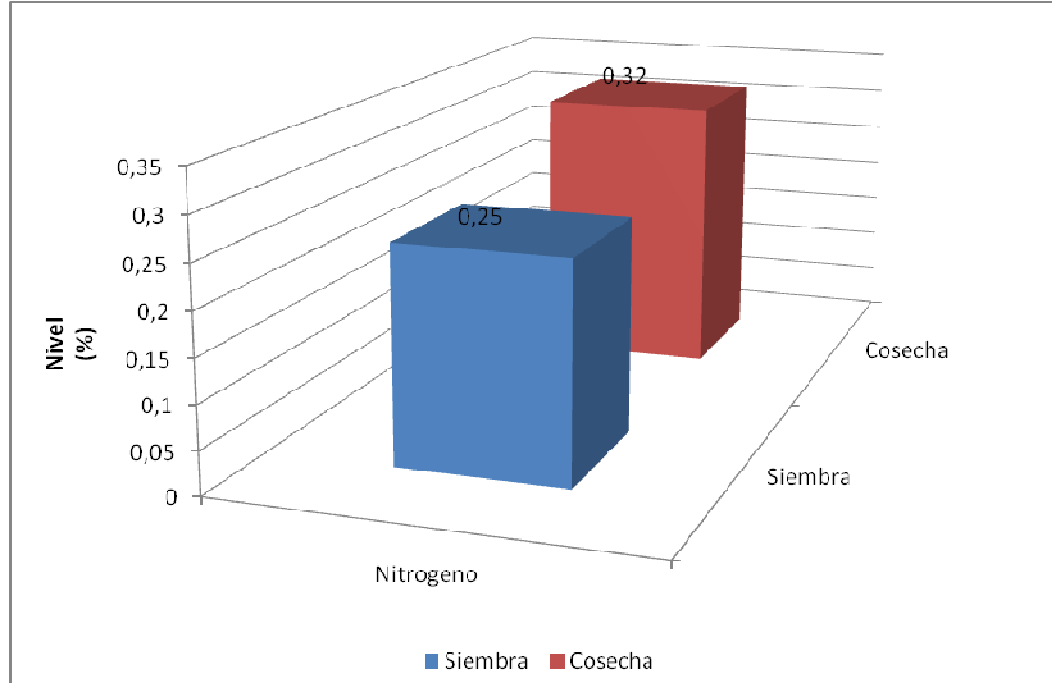
**Figura 51. Niveles de fósforo y potasio en el suelo antes de la siembra y al final de ciclo productivo del arroz en la parcela del modelo de agricultura en reconversión**



**Figura 52. Niveles de nitrógeno en el suelo antes de la siembra y al final del ciclo productivo del arroz en la parcela del modelo de agricultura en reconversión**



**Figura 53. Niveles de nitrógeno en el suelo antes de la siembra y al final de ciclo productivo del arroz en la parcela del modelo de agricultura convencional**



### 9.3.3. Determinación del impacto ambiental en el agua por la presencia de organofosforados

- **Resultados de la Cromatografía de Aguas del Lote Bajo Practica Agroecológicas.**

La primera muestra tomada en el efluente del lote en reconversión para determinar la residualidad del Diazinón se muestra en la Tabla 31.

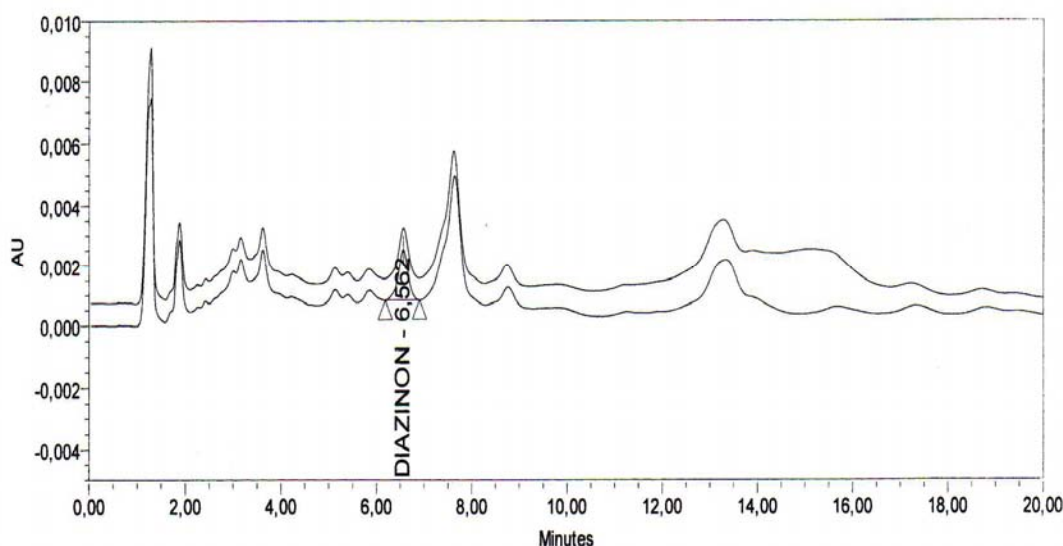
**Tabla 31. Cantidad de diazinón detectado en la primera muestra recolectada en el lote en reconversión**

INYECCION	NOMBRE	TIEMPO DE RETENCION (MIN)	AREA	TAMAÑO	% AREA	CANTIDAD	UNIDAD
1	DIAZINON	6.562	24247	1672	100	0.0506	mg/L
2	DIAZINON	6.567	24505	1674	100	0.0612	mg/L

Confrontando la cantidad del organofosforado en el agua con respecto a los límites establecidos en el Decreto 1594 de 1984, para el vertimiento de aguas con organofosforados al medio ambiente, se puede observar que estos niveles detectados sobrepasan levemente lo estipulado en dicha norma. Sin embargo la cantidad del compuesto disminuye en el segundo muestreo (Tabla 33). Si se promedian los resultados de la primera muestra con la segunda, la cantidad del compuesto organofosforado se mantiene en el límite establecido por la norma. Por otro lado los niveles de diazinón en esta primera muestra no exceden la  $LC_{50}$  para peces, es decir, que los niveles del organofosforado no perturban agudamente la fauna íctica.

En el caso del Monocrotofos, no se detecto en la cromatografía de gases la presencia del organofosforado, como se muestra en la Figura 54.

**Figura 54. Cromatograma de la primera muestra de agua recolectada en el lote en reconversión**



La segunda muestra del lote en reconversión fue tomada aproximadamente 96 Horas después de haber tomado la primera, y mostro el siguiente comportamiento en la cromatografía de gases para la detección del diazinón. (Tabla 32)

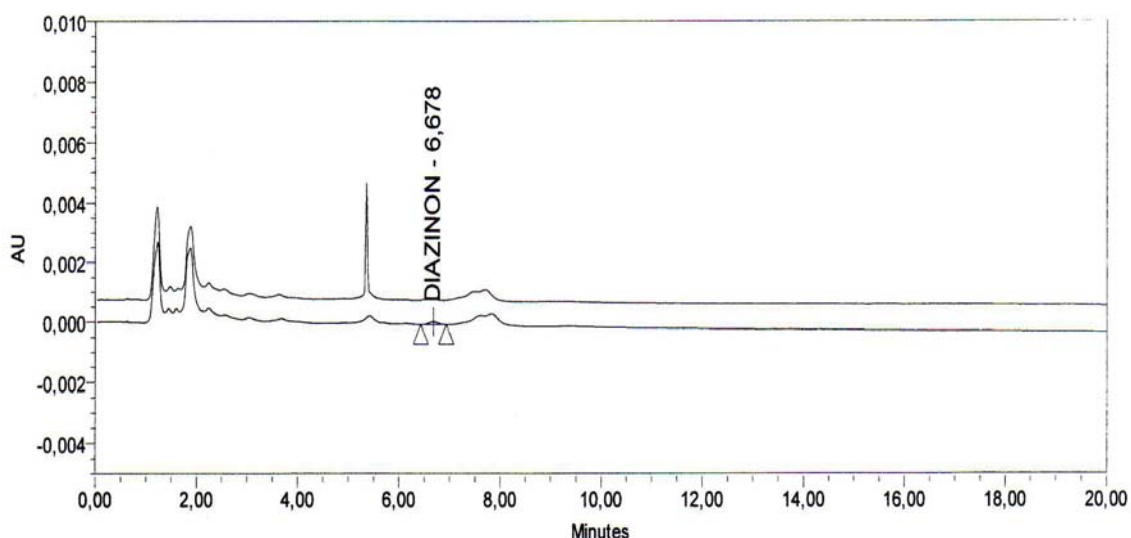
**Tabla 32. Cantidad de diazinón detectado en la segunda muestra recolectada en el lote en reconversión**

INYECCION	NOMBRE	TIEMPO DE RETENCION (MIN)	AREA	TAMAÑO	% AREA	CANTIDAD	UNIDAD
1	DIAZINON	6.678	1137	92	100	0.0473	mg/L
2	DIAZINON	6.607	1086	86	100	0.0451	mg/L

Si comparamos la concentración de diazinón detectado en la segunda muestra con la reglamentación colombiana sobre los límites permisibles de organofosforados en el agua para el vertimiento al medio ambiente, observamos que esta concentración no sobre pasa dichos límites, por lo tanto en este caso el agricultor no está fuera de la norma, es decir, que no está incurriendo en una externalidad negativa y no habría necesidad de tomar medidas correctivas para poder verter el agua residual sin inconvenientes para el medio ambientes. De igual manera si se compara la concentración detectada, con la  $LC_{50}$  del diazinón para peces, tampoco se estaría afectándola aguadamente la fauna íctica, es decir, que no se está poniendo en riesgo la disponibilidad de peces.

Al igual que en el primer muestreo de aguas, en este segundo tampoco se evidencio la presencia de Monocrotofos como se muestra en la Figura 55.

**Figura 55. Cromatograma de la segunda muestra de agua recolectada en el lote en reconversión**



- **Resultados de la cromatografía de aguas del lote bajo practica convencionales.** En la primera muestra tomada en el efluente de agua del lote bajo prácticas convencionales se detecto la presencia de los dos compuestos organofosforados tal y como se muestra en las Tablas 33 y 34.

**Tabla 33. Cantidad de diazinón detectado en la primera muestra recolectada en el lote bajo prácticas convencionales**

INYECCION	NOMBRE	TIEMPO DE RETENCION (MIN)	AREA	TAMAÑO	% AREA	CANTIDAD	UNIDAD
1	DIAZINON	6.107	187485	3293	99.79	812.573	mg/L
2	DIAZINON	6.088	186875	3285	99.79	810.172	mg/L

Las cantidades de diazinón en el agua registradas en la cromatografía sobrepasan en una proporción aproximada de 1:16.000 los límites permisibles para el vertimiento al medio ambiente de acuerdo normatividad colombiana, al igual que sobrepasan los límites de la LC<sub>50</sub> del diazinón para peces. Es decir, que en caso tal, es necesario recurrir a medidas correctivas para que el agua residual del cultivo convencional de arroz se pueda verter sin inconvenientes para el medio ambiente.

De igual manera, a estos niveles de contaminación registrados, se está poniendo en riesgo la disponibilidad de los peces, porque la concentración a la cual se registra el diazinón está superando en casi trescientas veces la  $LC_{50}$  del diazinón para peces.

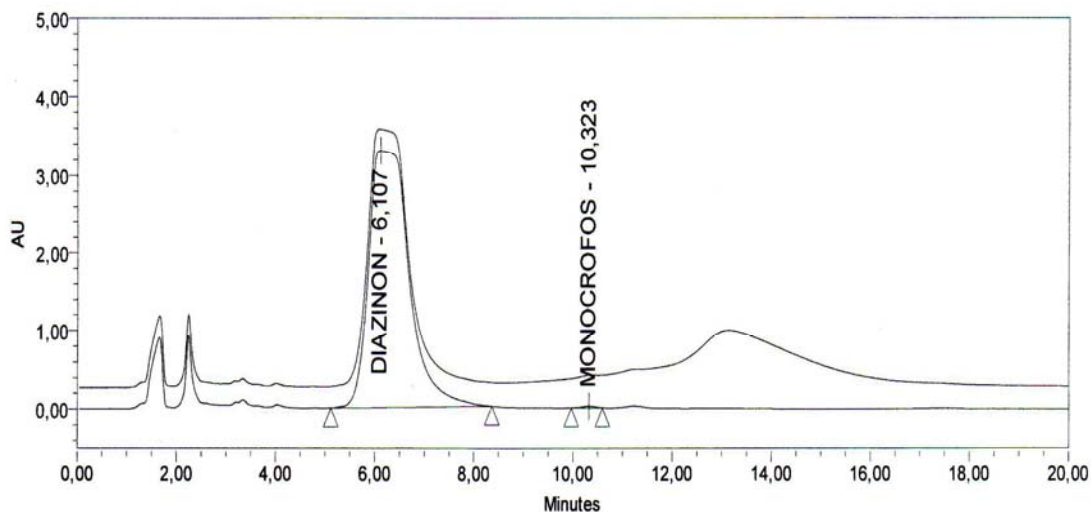
**Tabla 34. Cantidad de monocrotofos detectado en la primera muestra recolectada en el lote bajo prácticas convencionales**

INYECCION	NOMBRE	TIEMPO DE RETENCION (MIN)	AREA	TAMAÑO	% AREA	CANTIDAD	UNIDAD
1	MONOCROTOFOS	10.323	40066	2232	0.21	114.905	mg/L
2	MONOCROTOFOS	10.300	39079	2146	0.21	112.075	mg/L

Al igual que el diazinón, el monocrotofos también se registro en proporciones que superan ampliamente los límites permisibles de organofosforados para el vertimiento de aguas residuales al medio ambiente, por lo tanto es necesario que estas aguas reciban un tratamiento previo a su vertimiento para el cumplimiento de la norma colombiana. La concentración a la cual se registro el monocrotofos también pone en riesgo la vida y la disponibilidad de los peces, puesto que supera aproximadamente en tres veces la  $LC_{50}$  del monocrotofos para los peces.

Los resultados de la cromatografía de la primera muestra de agua colectada en el lote bajo prácticas convencionales se muestran gráficamente en la Figura 56.

**Figura 56. Cromatograma de la primera muestra colectada en el lote bajo prácticas convencionales**



La segunda muestra tomada en la parcela convencional, se colectó aproximadamente 96 Horas después de haber recolectado la primera. En esta muestra se obtuvieron concentraciones de diazinón y monocrotofos un poco más bajas con respecto a las concentraciones registradas en la primera muestra, como se observa en las Tablas 35 y 36.

**Tabla 35. Cantidad de diazinón detectado en la segunda muestra recolectada en el lote bajo prácticas convencionales**

INYECCION	NOMBRE	TIEMPO DE RETENCION (MIN)	AREA	TAMAÑO	% AREA	CANTIDAD	UNIDAD
1	DIAZINON	6.146	15496	32697	99.82	671.573	mg/L
2	DIAZINON	6.200	15726	32786	99.82	681.172	mg/L

A pesar que en esta segunda muestra los niveles del diazinón disminuyeron con respecto a la primera muestra, estos siguen siendo bastante altos para lograr cumplir con los límites permisibles establecidos por la norma. Por lo tanto sigue siendo necesario realizar un tratamiento previo a estas aguas para que puedan ser vertidas al medio ambiente sin ocasionar daños graves a este.

Con respecto a la LC<sub>50</sub> del diazinón para peces, los resultados nuevamente indican que los niveles encontrados sobrepasan la LC<sub>50</sub> en una proporción aproximada de de 1: 200 por lo tanto se pone en riesgo la disponibilidad de peces para los otros segmentos de la población y para el equilibrio del medio ambiente.

En la Tabla 36 se muestran las concentraciones del monocrotofos en la segunda muestra de agua tomada en el lote convencional.

**Tabla 36. Cantidad de monocrotofos detectado en la segunda muestra recolectada en el lote bajo prácticas convencionales**

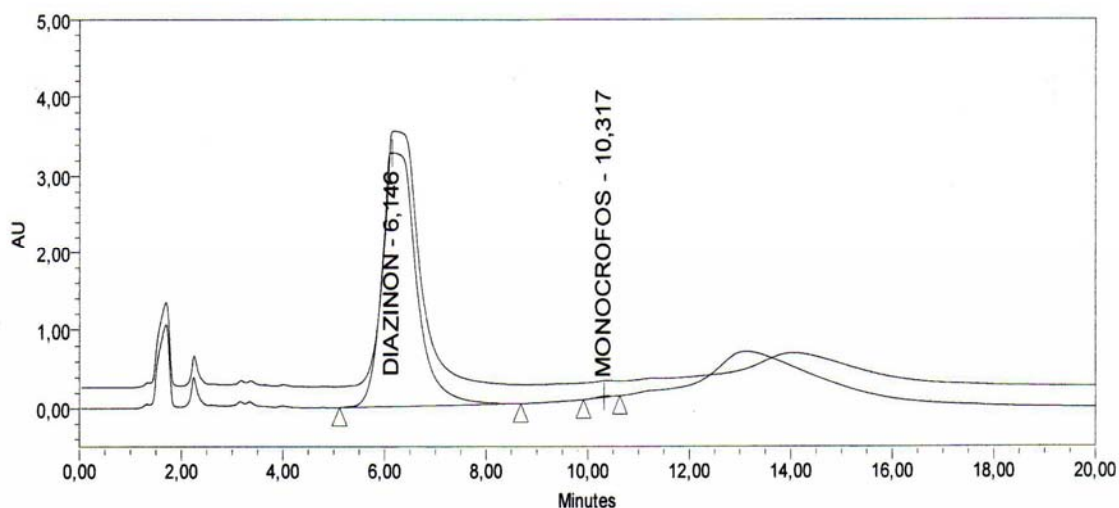
INYECCION	NOMBRE	TIEMPO DE RETENCION (MIN)	AREA	TAMAÑO	% AREA	CANTIDAD	UNIDAD
1	MONOCROTOFOS	10.317	28204	1591	0.18	80.887	mg/L
2	MONOCROTOFOS	10.392	28464	1546	0.18	81.632	mg/L

Según la Tabla 37 El monocrotofos mostro una disminución en su concentración en el agua con respecto a la primera muestra tomada en el cultivo convencional, sin embargo los niveles de este compuesto organofosforado siguen estando muy por encima de los límites permisibles establecidos en la norma colombiana, por lo cual es

necesario que estas aguas residuales deban ser tratadas antes de ser vertidas al medio ambiente.

Por otro lado, los niveles de monocrotofos registrados en esta segunda muestra, ponen en riesgo la disponibilidad de peces para otros segmentos de la población y el equilibrio ambiental, pues si se comparan estos niveles con la  $LC_{50}$  del monocrotofos para peces, claramente son superados en buena proporción. En la Figura 57 se pueden observar los niveles de los compuestos organofosforados registrados en la segunda muestra de agua tomada en el lote bajo prácticas convencionales, observándose aun gran concentración de estas sustancias.

**Figura 57. Cromatograma de la segunda muestra colectada en el lote bajo prácticas convencionales**



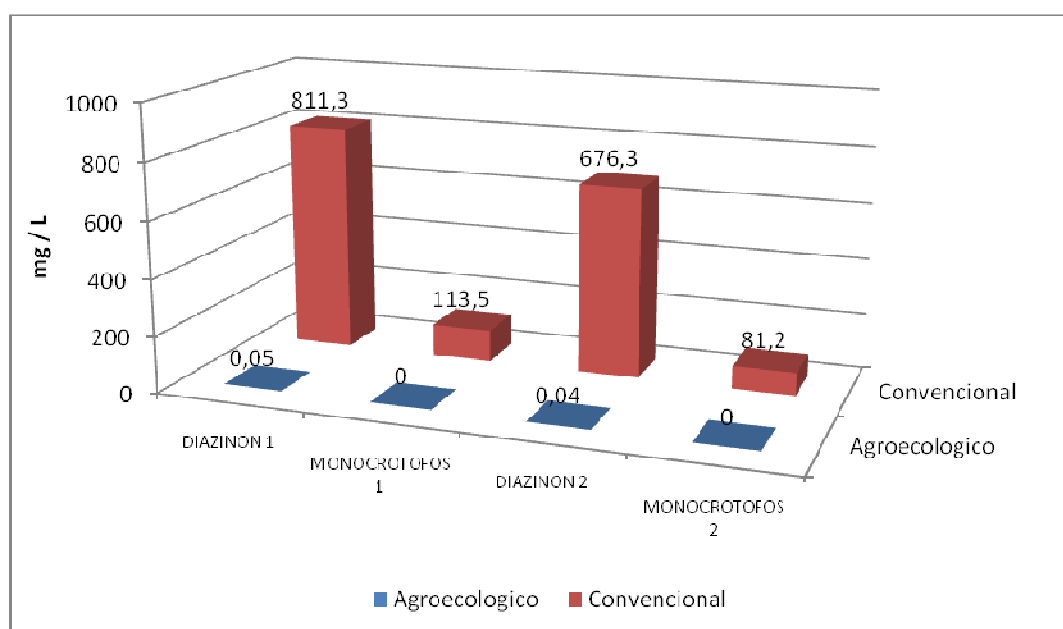
Con los resultados de la cromatografía de gases, es evidentemente que el agua residual del cultivo bajo técnicas convencional, registraron mayores niveles de concentración de los compuestos organofosforados evaluados, tanto en el primer muestreo como en el segundo, con respecto a los niveles encontrados en la otra parcela, (Figura 58) confirmando la generación de externalidades negativas, porque estos niveles superaron ampliamente los límites permisibles de la cantidad de organofosforados en el agua para ser vertida al medio ambiente sin ocasionar daños y superaron las  $LC_{50}$  para los peces. (Tabla 37)



**Tabla 37. Concentración de diazinón y monocrotofos promedio en el lote convencional Vs los niveles de organofosforados permitidos en aguas residuales y la  $LC_{50}^{96}$  para peces**

COMPUESTO	CONCENTRACION	NIVEL PERMISIBLE	$LC_{50}^{96}$ para Peces
Diazinón	743.8 mg/L	0.05 mg/L	3.1 mg/L
Monocrotofos	97.4 mg/L	0.05 mg/L	5.2 – 50 mg/L

**Figura 58. Niveles de los compuestos organofosforados registrados en las dos parcelas de estudio**



1= Primer Muestreo  
2= Segundo Muestreo

Los niveles de compuestos químicos en las aguas residuales de la parcela en reconversión no mostraron niveles tan altos que puedan ocasionar daños agudos al medio ambiente y costos de oportunidad a otros segmentos de la población por no ocasionar la muerte de peces que pueden ser utilizados por la sociedad. (Tabla 38)

**Tabla 38. Concentración del diazinón y el monocrotofos promedio en el lote agroecológico Vs los niveles de organofosforados permitidos en aguas residuales y la LC<sub>50</sub><sup>96</sup> para peces**

COMPUESTO	CONCENTRACION	NIVEL PERMISIBLE	LC <sub>50</sub> <sup>96</sup> para Peces
Diazinón	0.05	0.05	3.1 mg/L
Monocrotofos	0	0.05	5.2 – 50 mg/L

Hay que aclarar que en las aguas residuales del cultivo en reconversión también se presentaron niveles de compuestos organofosforados, siendo que estas sustancias no se utilizaron en dicho cultivo, pero como el sistema de riego y drenaje que se utiliza en la zona de estudio es el mismo para todos, es muy probable que la residualidad del diazinón pueda haber venido de otros cultivos aledaños que trabajen bajo prácticas convencionales.

**9.4. TRANSFORMACION DEL IMPACTO AMBIENTAL QUE SE DETERMINO, EN UNIDADES ECONÓMICAS COMERCIALES.** En primera instancia se construyeron las funciones de costos de producción de arroz de primera categoría, tanto del modelo convencional como el de reconversión. (Los costos de producción por hectárea de cada modelo de agricultura se encuentran en el Anexo E)

#### **9.4.1. Función Lineal de Costos del Modelo de Agricultura en Reconversión**

$$3.583 \text{ Kg A en 1 Ha} = Ps + S + F + Mo + Cf + C + T + I + Og \quad (1)$$

La función 1 representa las variables necesarias para producir 3.34 toneladas de arroz en reconversión de primera categoría, en una hectárea de terreno, donde Ps representa *Preparación del suelo*, S la *Semilla*, F *Fertilización*, Mo *Mano de obra*, Cf *Control fitosanitario*, C la *Cosecha*, la letra T representa el costo de la trillada del arroz padde, I significa *Imprevistos* y Og representa el costo del *Otros gastos*. Cada una de estas variables tiene un costo que se especifica en la función 2.

$$= \$ 378.947 + \$ 231.565 + \$ 928.355 + \$ 991.316 + \$ 170.489 + \$ 413.684 + 519.360 + 189.474 + \$ 130.177 \quad (2)$$

$$3.583 \text{ Kg A en 1 Ha} = \$ \mathbf{3.953.367} \quad (3)$$

Finalmente la función 3 muestra el costo de producir 3.583 kilogramos de arroz de primera categoría en reconversión en una hectárea de terreno.

#### 9.4.2. Función lineal de costos del modelo de agricultura convencional

$$3.300 \text{ Kg A en 1 Ha} = Ps + S + F + H + I + Fu + Mo + C + T + Mt + Og \text{ (1.1)}$$

La función 1.1 representa las variables necesarias para producir 3.300 kilogramos de arroz convencional de primera categoría en una hectárea de terreno, donde Ps representa *Preparación del suelo*, S la *Semilla*, F *Fertilización*, H *Herbicidas*, I *Insecticidas*, Fu *Fungicidas*, Mo *Mano de obra*, C la *Cosecha*, la letra T representa la *Trillada* del arroz padde, Mt significa *Mantenimiento del Sistema de Riego*, y finalmente Og representa los costos de *Otros gastos*. Cada una de estas variables tiene un costo que se especifica en la función 2.2.

$$= \$ 378.947 + \$ 285.714 + \$ 813.860 + \$ 540.202 + \$ 113.059 + \$ 115.976 + \$ 434.286 + \\ \$ 457.143 + 497.760 + 94.286 + \$ 51.895 \text{ (2.2)}$$

$$3.300 \text{ Kg A en 1 Ha} = \$ \mathbf{3.783.128} \text{ (3.3)}$$

Finalmente la función 3.3 muestra el costo de producir 3.300 kilogramos de arroz convencional de primera categoría, en una hectárea de terreno.

Cabe anotar que para determinar la cantidad de arroz de primera categoría (grano entero) se llevo la producción de arroz padde de una hectárea de cada parcela a un molino de arroz ubicado en el corregimiento de Mandiva, del Municipio de Santander de Quilichao. La cantidad de arroz padde cosechado por hectárea en el lote en reconversión fue de 6.492 Kg/Ha, mientras en el lote convencional la cantidad fue de 6.222 Kg/Ha.

Inicialmente ingreso al molino la producción del lote en reconversión, representada en 6.492 Kg de arroz padde. Los resultados del proceso del molino se muestran en la Tabla 39.

**Tabla 39. Resultados del molino del arroz en reconversión**

Calidad de arroz	Kilogramos de arroz	Precio de venta x Kilo
Arroz de primera	3.583 Kg Arroz Blanco Entero	\$ 2.080
Arroz de segunda	205 Kg Arroz Partido	\$ 900
Salvado	348 Kg	\$ 500

Posteriormente ingreso al molino la producción de arroz padde de una hectárea del lote convencional, representada en 6.222 Kg. Los resultados del molino se muestran en la Tabla 40.

**Tabla 40. Resultados del molino del arroz convencional**

Calidad de arroz	Kilogramos de arroz	Precio de venta x Kilo
Arroz de primera	3.300 Kg Arroz Blanco Entero	\$ 2.080
Arroz de segunda	505 Kg Arroz Partido	\$ 900
Salvado	275 Kg	\$ 500

Teniendo en cuenta los resultados de la molinada del arroz, calculamos los ingresos que obtuvo cada agricultor por la venta de sus productos. De igual manera con esta información se determino la utilidad neta de cada agricultor como se muestra en la Tabla 41.

**Tabla 41. Rentabilidad de cada modelo de producción de arroz**

MODELO	INGRESO	COSTO	UTILIDAD	RENTABILIDAD
EN RECONVERSIÓN	\$ 7.793.740	\$ 3.953.368	\$ 3.840.372	49%
CONVENCIONAL	\$ 7.456.000	\$ 3.783.128	\$ 3.672.872	49%

Como se observa en la Tabla 41 las rentabilidades son iguales independientemente del modelo de agricultura que se utilice. Cabe destacar que los costos de producción del arroz en reconversión son \$ 170.240 más altos con respecto a los costos de producción del arroz convencional, debido a la utilización de mano de obra en altas proporciones y al empleo de fertilizantes orgánicos certificados que actualmente tienen un costo alto en el mercado y las proporciones de aplicación son más altas. Sin embargo la utilidad de este modelo de producción es de \$ 167.500 mayor que la utilidad del modelo convencional, debido a la mayor cantidad de arroz de primera categoría producido en el modelo en reconversión. Este factor se ha observado desde el ciclo de producción del primer semestre del año 2007, donde de igual forma, se molino el arroz de un lote en reconversión y un lote convencional para determinar la proporción de las calidades. Es evidente, que el modelo de agricultura en reconversión produce mayor cantidad de arroz de primera clase, el cual tiene un mejor precio en el mercado.

Claramente no existe diferencia entre las rentabilidades económicas de cada modelo de agricultura, aunque si se tienen en cuenta los costos ambientales de cada modelo, como se podrá observar más adelante, se hace inminente la generación de herramientas que impulsen la agricultura orgánica, porque el modelo de producción genera una rentabilidad ambiental mucho más alta.

**9.4.3. Función de costos del impacto ambiental en la microbiología del suelo.** Según los resultados de los análisis de laboratorio donde se evaluó la microbiología del suelo, se pudo determinar que la propuesta técnica para llevar las poblaciones de microorganismos benéficos para un cultivo, a niveles aceptables, y suprimir la población de microorganismos causantes de enfermedades, cumplió con su objetivo. Mientras que, según estos mismos resultados, la microflora del suelo benéfica para el cultivo en el lote convencional mostro niveles muy bajos y no se dio un control de la población de microorganismos causante de enfermedades, pues en el paquete tecnológico convencional se ignoran y no se adoptan medidas para mejorar las condiciones microbiológicas del suelo, por el contrario se emplean medidas que atentan contra la integridad del buen funcionamiento del suelo, como por ejemplo la aplicación de agrotóxicos.

Si el agricultor convencional quisiera enmendar o recuperar las condiciones óptimas de la microbiología, y mejorar las condiciones de su suelo y su cultivo, deberá incurrir en costos para llevar a cabo dicha tarea. Si llegara a utilizar la propuesta tecnológica empleada en la parcela agroecológica para el establecimiento de microorganismos beneficiosos para el cultivo, deberá utilizar compost, el EM y el BioFert a las dosis indicadas en la función 1 para una hectárea de suelo. En la función 2 se muestra el costo de obtener un *Suelo Microbiológicamente Apto (SmA)* a partir de la aplicación de los insumos ya mencionados a las dosis indicadas por hectárea.

$$SmA = EM (40 \text{ Kilogramos}) + \text{Bio-Fert} (2.4 \text{ Galones}) + \text{Compost} (1.000 \text{ Kilogramos}) (1)$$

$$SmA = \$ 140.000 + \$ 189.474 + \$ 120.000$$

$$SmA = \$ 449.474 (2)$$

**9.4.4. Función de costos del impacto ambiental por la degradación de las características químicas del suelo.** A partir de los resultados de los análisis de caracterización del suelo en laboratorio, se pudo observar que en la parcela agroecológica los niveles de los macronutrientes tanto en la época de pre-siembra como en la de post-cosecha se mantienen por encima de los registrados en la parcela convencional. Es decir, que los suelos se desgastan químicamente en menor porción si se utiliza una propuesta técnica agroecológica, mientras si se utiliza un paquete tecnológico convencional las características químicas del suelo se desgastan en mayor proporción.

Cuando el agricultor va iniciar nuevamente un ciclo productivo debe siempre fertilizar el suelo, teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales del cultivo que se va a establecer y las condiciones actuales del suelo, para determinar la cantidad de fertilizantes necesarios. Para el caso particular de las dos parcelas del estudio se determinaron las cantidades necesarias de fertilizantes de acuerdo al modelo de agricultura, a los resultados de las características químicas actuales del suelo de cada parcela y los requerimientos nutricionales del cultivo del arroz.

En la función 2 se muestran las cantidades necesarias de fertilizantes orgánicos por hectárea de suelo. Mientras en la función 3 se especifica el costo de esta fertilización.

$$SA = \text{Inducstar N} + (15 \text{ Litros}) \text{ Codiphos} + (78.9 \text{ Kilos}) \text{ Biosolnew} + (17.8 \text{ Kilos}) \quad (2)$$

$$SA = \$ 210.000 + \$ 86.053 + \$ 37.303$$

$$SA = \$ 333.356 \quad (3)$$

En la función 4 se observa las cantidades necesarias de fertilizantes convencionales para una hectárea de suelo y en la función cuatro se muestra el costo de los fertilizantes.

$$SA = \text{Urea} (150 \text{ Kg}) + \text{DAP} (300 \text{ Kilogramos}) + \text{KCL} (20 \text{ Kilogramos}) \quad (4)$$

$$SA = \$ 165.000 \$ 702.000 \$ 24.400$$

$$SA = \$ 891.400 \quad (5)$$

**9.4.5. Función de Costos del Impacto Ambiental Sobre el Agua por la Presencia de Diazinón y Monocrotofos.** Los resultados de la cromatografía de gases han podido establecer que las aguas residuales del cultivo de arroz bajo prácticas convencionales registraron niveles de compuestos organofosforados que superan los límites permisibles para su vertimiento al medio ambiente, mientras los niveles de los compuestos organofosforados en la parcela bajo prácticas agroecológicas se mantienen en el límite permisible y bajo este. Por lo tanto es necesario disminuir los niveles de compuestos organofosforados en la parcela bajo prácticas convencionales a niveles permisibles.

En la funcional lineal 7 se recoge el costo en que se incurría para disminuir los niveles de contaminación para que estas aguas puedan ser vertidas al medio ambiente. La variable dependiente en este caso es *–Agua con Condiciones para Verter al Medio Ambiente–* (Acv). Por otro lado una de las variables independientes, es el proceso que debe realizarse para alcanzar una calidad de agua adecuada para ser vertida al medio ambiente (T) que tiene un costo y la otra variable independiente es el caudal de agua contaminada.

Según información de Acuavalle, el costo de tratar un metro cúbico ( $m^3$ ) de agua para zonas aledañas al municipio de Jamundí es \$ 797.75.

Por otro lado, de acuerdo a la resolución N° DRSOC 289 del 2002 la CVC adjudica un caudal al lote de estudio bajo prácticas convencionales de 3.2 L/s.

Para estimar el caudal contaminado por los dos compuestos organofosforados tenidos en cuenta para el estudio, se determinó, que durante cuatro días el caudal de desagüe de este predio estaba contaminado por dichas sustancias, pues este fue el periodo en el cual se muestrearon las aguas residuales. Este periodo seguramente es mucho mayor, pues el último muestreo que se realizó aun mostraba concentraciones muy altas de los organofosforados, sin embargo por falta de recursos económicos no se pudo establecer el periodo en el cual la residualidad de los compuestos organofosforados disminuiría hasta los límites permisibles.

Teniendo en cuenta que cuatro días están compuestos por 345.600 segundos, y el caudal para el lote es de 3.2 L/s, en los cuatro días se desaguan 1.105.920 Litros de agua, que equivalen a  $1.105,92 m^3$  de agua.

Una vez obtenido este dato, se multiplica la cantidad de metros cúbicos contaminados por el costo de tratamiento de cada uno. (Función 6)

$$Acv = \$ 797.75 \text{ (cada } m^3) * 1.105,92 m^3 \text{ (6)}$$

$$Acv = \$ \mathbf{882.247.68} \text{ (7)}$$

En la función 7 se puede observar que \$ 882.224.68 es el costo en que se debería incurrir para lograr descontaminar el caudal de agua contaminada por los dos compuestos organofosforados en lote bajo prácticas convencionales y poderla disponer en el medio ambiente bajo los niveles permitidos de contaminantes organofosforados.

Finalmente la cuarta función lineal, recoge el costo que se incurre por contaminar el agua y disminuir la producción pesquera. La variable dependiente es *-Agua Contaminada-* (AC) y la variable independiente es la cantidad de peces muertos a causa de los niveles de plaguicidas encontrados (PM). Este número se multiplica por el costo del pescado en el comercio, aproximándose al costo de contaminar el agua.

Para determinar la cantidad de peces que podrían morir a las dosis de los compuestos organofosforados registrados en el agua residual de la parcela convencional, se tuvo en cuenta la  $LC_{50}^{96}$  para los peces, de cada uno de los organofosforados evaluados en

el estudio. Según bibliografía (Varela, 2005<sup>160</sup>, Day, 1991<sup>161</sup>, Escartin, Porte, 1996<sup>162</sup>, Van Cong, Thanh Phuong, Mark<sup>163</sup>) en la mayoría de los ensayos para determinar las LC<sub>50</sub> para peces se utilizan generalmente un tamaño poblacional de cien individuos por prueba, es decir, que la LC<sub>50</sub> elimina a cincuenta individuos. Si se tiene en cuenta que una concentración de 3.1 mg/L (LC<sub>50</sub>) de diazinón elimina a cincuenta (50) individuos, una concentración de 743.8 mg/L de diazinón, la cual se registro en la parcela convencional, eliminaría a once mil novecientos noventa y seis (11.996) individuos.

Para el caso del monocrotofos, se tiene que la LC<sub>50</sub> para los peces es de 27.6 mg/L, es decir que esta concentración se eliminarían cincuenta individuos, ahora a una concentración de 97.4 mg/L se eliminarían ciento setenta y seis (176) individuos para un total de doce mil ciento setenta y dos (12.172) individuos muertos, ocasionados por la contaminación de las aguas de la parcela convencional.

Por otro lado los niveles de contaminantes en las aguas residuales del cultivo agroecológico no sobrepasaron los límites de la LC<sub>50</sub> por lo tanto no es necesario construir las funciones de daño.

El pescado proveniente del río Cauca que más se comercializa en la zona aledaña a la franja de estudio es el Bocachico (*Prochilodus magdalenae*), el cual tiene un precio de compra por libra de \$ 1500. El peso promedio de un bocachico de río esta alrededor de las 0.80 Libras. Con esta información se logra obtener las libras que se están perdiendo a causa de la contaminación, que serian alrededor de 9.737 Libras.

En la función 8 se observa la cantidad de libras perdidas a causa de la contaminación y el precio en el mercado de cada una.

$$AC = 9.737 \text{ Libras} * \$ 1.500 \text{ (8)}$$

$$AC = \$ 14.605.500 \text{ (9)}$$

En la función 9 se observa el costo total de cada una de las libras de pescado que se ha perdido por la contaminación del agua generado la parcela del cultivo convencional de arroz, aproximándonos un poco más al costo monetario de contaminar el agua.

---

<sup>160</sup> **R.A, VARELA.**: Determinación del Nivel de Toxicidad Aguda del Fungicida Carbendazim y el Herbicida 2,4 D Mediante Bioensayos con *Galaxias maculatus*., p. 62 - 103

<sup>161</sup> **DAY, K.E.** Pesticide transformation products in surface waters: effects on aquatic biota. En: Pesticides transformation products: fate and significance in the environment. Eds. ACS Symposium Series. Vol. 122 Nº 459 (May. 1991); p. 35-52

<sup>162</sup> **ESCARTÍN, E.; PORTE, C.:** Acetylcholinesterase inhibition in the fish *Procambarus clarkii* exposed to fenitrothion. En: Ecotox. Environ. Safety. Vol. 34 (Ago. 1996); p 160-164.

<sup>163</sup> **N. VAN CONG, N. THANH PHUONG, B. MARK.** Sensitivity of brain cholinesterase activity to diazinon (Basudin 50ec) and fenobucarb (Bassa 50ec) insecticides in the air-breathing fish *Channa striata* Environmental toxicology and chemistry, 2006, vol. 25, n°5, 8 p.



**9.5. INCORPORACIÓN DE LAS FUNCIONES DE DAÑO A LAS FUNCIONES DE PRODUCCIÓN DE ARROZ.** Una vez construidas las funciones de daño y establecidos sus respectivos costos, el siguiente paso es incorporar cada una de estas funciones a la función de producción de cada modelo de cultivo de arroz que se evaluó en el estudio.

Iniciamos con la incorporación de las funciones de daño a la función de producción de arroz convencional. En la función 10 encontramos los ítems que componen los costos de producir 3.300 kilos de arroz de primera categoría bajo un modelo convencional de producción de arroz y los nuevos ítems en negrita que corresponden a los costos ambientales generados por este tipo de proyecto productivo.

$$3.300 \text{ Kg A en 1 Ha} = Ps + S + F + H + I + Fu + Mo + C + T + Mt + Og + \textbf{SmA} + \textbf{SA} + \textbf{Acv} + \textbf{AC} \text{ (10)}$$

$$3.300 \text{ Ton A en 1 Ha} = \$ 378.947 + \$ 285.714 + \$ 54.489 + \$ 540.202 + \$ 113.059 + \$ 115.976 + \$ 434.286 + \$ 457.143 + 497.760 + 94.286 + \$ 51.895 + \$ \textbf{449.474} + \$ \textbf{891.400} + \$ \textbf{882.247,68} + \$ \textbf{14.605.500} \text{ (11)}$$

$$3.300 \text{ Kilos A en 1 Ha} = \$ \textbf{19.852.378.68} \text{ (12)}$$

La función 11 muestra no solo los costos de producción de arroz sino los costos ambientales en que se incurren para producir 3.300 kilos de arroz, bajo un modelo convencional de producción. Ya en la función 12 se muestra que **\$ 19.852.378,68** es el costo (incluidos los costos ambientales) de producir 3.300 kilos de arroz de primera categoría bajo un modelo convencional de producción de arroz.

Ahora continuamos con la incorporación de las funciones de daño a la función de producción de arroz en reconversión. En la función 13 tenemos los ítems que componen los costos de producir 3.583 kilos de arroz de primera categoría bajo un modelo de producción agroecológica, junto con los nuevos ítems en negrita que corresponden a las funciones de daño.

$$3.583 \text{ Kg A en 1 Ha} = Ps + S + F + Mo + Cf + C + T + I + Og + \textbf{SA} \text{ (13)}$$

$$3.583 \text{ Kg A en 1 Ha} = \$ 378.947 + \$ 231.565 + \$ 594.999 + \$ 991.316 + \$ 170.489 + \$ 413.684 + 519.360 + 189.474 + \$ 130.177 + \$ \textbf{333.356} \text{ (14)}$$

$$3.583 \text{ Kilos A en 1 Ha} = \$ \textbf{3.953.367} \text{ (15)}$$

La función 14 muestra no solo los costos de producción de arroz sino los costos ambientales en que se incurren para producir 3.583 kilos de arroz bajo un modelo en reconversión agroecológica de producción.

Ya en la función 15 se muestra que **\$ 3.953.367** es el costo (incluidos los costos ambientales) de producir 3.583 kilos de arroz de primera categoría bajo un modelo agroecológico de producción de arroz.

Es evidente el altísimo costo de producir arroz bajo prácticas convencionales si se tienen en cuenta los costos ambientales de ello, mientras que producir arroz bajo técnicas agroecológicas es muchísimo más rentable, pues se generan mayores beneficios que costos ambientales. Si comparamos los costos de producción de arroz en una hectárea entre los dos modelos, teniendo en cuenta los ambientales, tenemos que los costos del modelo convencional están en \$ 16.613.634 por encima de los costos de producción de la propuesta en reconversión. Si observamos las rentabilidades de ambos modelos de producción aquí evaluados, teniendo en cuenta los costos ambientales, tenemos que la rentabilidad del modelo de agricultura convencional sería de -166%, mientras la rentabilidad del modelo en reconversión sería del 49%.

## 10. CONCLUSIONES

- Los resultados y análisis de laboratorio que se llevaron a cabo, tanto de agua como de suelo indicaron mayor deterioro y menor calidad cuando se empleó el modelo de agricultura de arroz convencional, que cuando se empleó el modelo en reconversión del mismo cultivo. Es decir, que se generó un mayor impacto ambiental negativo con el paquete tecnológico convencional de producción de arroz, que con uno en reconversión a agroecológico.
- Las características físico-químicas del suelo de la parcela convencional al final del ciclo productivo evidenciaron niveles más pobres con respecto a las características del suelo del lote en reconversión. De igual manera ocurre con las características microbiológicas donde en la parcela convencional se presentaron en menor proporción las poblaciones de los grupos funcionales evaluados.
- La presencia de los compuestos organofosforados evaluados en las aguas residuales de los sistemas productivos del ensayo, presentaron mayores concentraciones en el lote convencional. Estos niveles sobrepasan los límites permisibles por la norma colombiana que reglamenta la presencia de sustancias tóxicas en el agua y superan las  $LC_{50}^{96}$  de estos compuestos evaluados para peces. Mientras las concentraciones encontradas en el lote en reconversión no superan los límites establecidos por la normatividad colombiana ni las  $LC_{50}^{96}$  de los compuestos evaluados para peces.
- Al determinar los costos monetario de las externalidades o los costos ambientales generados por cada modelo de agricultura evaluado en el estudio e internalizándolos en los costos de producción del arroz, se constató finalmente, que los costos monetarios reales de producir una hectárea de arroz empleando un paquete tecnológico convencional son 400% más altos que cuando se utiliza un paquete tecnológico agroecológico.
- Según los resultados arrojados en el proceso del molino del arroz, se estableció que la hectárea de arroz sembrada bajo la propuesta convencional produjo un 8.5% menos de arroz blanco de primera categoría (Arroz entero) con respecto a la hectárea de arroz sembrada bajo la propuesta en reconversión a agroecológica.
- Aunque los costos de producción de arroz sean más altos en el modelo en reconversión, con respecto al modelo de producción de arroz convencional, la

utilidad por la venta del arroz blanco en ambos modelos es del 49%. Esto se debe básicamente a la mayor producción de arroz de primera categoría en el modelo de producción en reconversión, que tiene un valor económico superior en el mercado.

- Es evidente que sin internalizar los costos ambientales en las funciones de producción del arroz, las rentabilidades de los dos modelos de agricultura evaluados son iguales, lo que conlleva a pensar que desde el punto de vista meramente económico no existirían diferencias entre los dos modelos. Sin embargo al internalizar los costos ambientales producidos por el modelo de producción convencional de arroz en su función de producción, desde el punto de vista económico, si se refleja una gran diferencia entre los costos de producción y las rentabilidades de ambos modelos evaluados, pues los costos en el modelo convencional son 400% más altos que en el modelo de producción en reconversión, y la rentabilidad en el modelo convencional es de -166%, es decir, que el modelo en reconversión le significaría a otros segmentos de la sociedad un ahorro considerable.
- En un sistema de mercado, que como observamos en la actual crisis financiera, es menor la incidencia del capitalismo salvaje y de políticas neoliberales, es posible, no solo dejar que el mercado se rija por la mano invisible, sino por agentes externos como el estado, con el fin de que el mercado sea más estable y equitativo. Por lo tanto, si el modelo de agricultura en reconversión está incurriendo en ahorros considerables, el estado podría pensar generar algunas herramientas económicas basadas en hechos técnicos y científicos -como este tipo de investigaciones- para impulsar el modelo de agricultura agroecológica y restringir el modelo de agricultura convencional.
- Como lo dice el mismo título de este documento, se realizó una aproximación a la valoración económica del impacto ambiental, es decir, que no se evaluaron todos los impactos ambientales que puede generar la agricultura convencional, por ejemplo, se ha dejado por fuera la incidencia de este modelo de producción sobre la salud humana y demás organismos y microorganismos del medio ambiente, por lo tanto el costo ambiental de este tipo de agricultura puede ser mucho mayor que el que se ha determinado en este estudio y los ahorros generados por la agricultura en reconversión serían mayores.

## **11. RECOMENDACIONES**

- Evidentemente, es necesario tener mayor claridad sobre el real impacto ambiental que genera un proyecto productivo en su totalidad, para lograr determinar todas las alteraciones que puede producir y su magnitud exacta. Esto con el fin, que al momento de transformar el impacto ambiental a un valor económico, este realmente represente el costo de dicho impacto.
- Desarrollar métodos de mejor calidad, que permitan la transformación más precisa de impactos ambientales a unidades económicas comerciales, con el fin de que se refleje el valor monetario más acertado de un impacto ambiental.
- De igual manera es importante obtener resultados de investigaciones de toxicología y ecotoxicología que demuestren con mayor exactitud los efectos crónicos y agudos a corto y largo plazo de sustancias tóxicas al medio ambiente y al hombre.
- Es importante que se continúen realizando este tipo de investigaciones, con el fin de construir una base técnica y científica que le permita a los políticos tomar decisiones acertadas sobre la mejor forma de distribuir los recursos escasos, con el fin de promover la equidad social y la conservación del medio ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

- **ALDRIDGE, A.N.** Some properties of specific cholinesterase from *Drosophila*. En: J. Biol. Chem. Vol. 26. Nº 14. (Apr. 1950); 460 p.
- **ALVAREZ, O.J.:** Interpretación de análisis de suelo y bases para la aplicación de fertilizantes. Bogotá, 1979. 75 p.
- **ANDI.** Memorias del Segundo Simposio Internacional sobre las ciencias relacionadas con el registro de los productos para la protección de cultivos. Cámara de la industria para la protección de cultivos. Latin American Crop Protection Association. Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá. Junio de 2000. 145 p.
- **ARROW, K., R. SOLOW, P. PORTNEY, E. LEAMER, R. RADNER E H. SCHUMAN.** Report of the NOAA Panel of Contingent Valuation. Federal Register, vol. 58:10, páx. 4602-4614, 1993.
- **AYLWARD, B.:** Appropriating the Value of Wildlife and Wildlands: Economics of the Wilds, Washington, DC, 1992.
- **APHA- AIWA-WPCF.:** Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater.
- **AZQUETA.D.:** Valoración Económica de la Calidad Ambiental. España: Mc Graw Hill, 1994. 274 p.
- **BARKER, D.L.; HERBERT, E.; HILDEBRAND, J.; KRAVITZ, E.A.** Acetylcholine and lobster sensory neurones. En: Physiol. Vol. 82 Nº 226 (Ene-Mar. 1972); P 205-229.
- **BARCENA, I.A.:** Reflexiones de la Incorporación Ambiental en el Marco Institucional y Operativo del Sector Público en América Latina y el Caribe. Universidad de Harvard, en Consulta sobre el Medio Ambiente, BID, Washington D.C, 1987. 235 p.
- **BELAUSTEGUIGOITIA, J.:** Economía de la Biodiversidad. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, 1999. 236 p.
- **BEZBARUAH, B., SAIKIA, N y BORA, T.** Effect of pesticidas on most probable number of soil microbes from tea (*Camellia sinensis*) plantations and uncultivated land enumerated in enrichment media. En: Agric Sciences Vol. 65. Nº8 (Jun-Ago. 1995): p. 578 – 583, India.
- **BISHOP Y M.P. WALSH.:** Starting Point Bias in Contingent Valuation Bidding Games. Land Economics, 1985.
- **BLOMQUIST, G.C., Y J.C. WHITEHEAD,** Existence Value, Contingent Valuation, and Natural Resources Damages Assesment. Growth and Change. 1995.
- **BOCQUENÉ, G.; ROIG, A.; FOURNIER, D.** Cholinesterases from the common oyster (*Crassostrea gigas*). En: *FEBS Letters*. Evidence for the presence of a soluble acetylcholinesterase insensitive to organophosphate and carbamate inhibitors. Vol. 106. Nº 407 (Jun. 1997); p 261-266.
- **BOTERO. E., RUEDA. J., CARRIAZO. F.:** Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Bogotá, 2003. 203 p.

- **BOWERS, J.:** The Environmental Crisis and the Limits of the Market. School of Business and Economic Studies, Universidad de Leeds. England, 1990. 64 p.
- **CALLE, J.A.:** Memorias del Segundo Simposio Internacional y Tercero Nacional "Efectos de los Plaguicidas Sobre el Ambiente y la Salud Humana. Efectos de los Plaguicidas Sobre el Medio Ambiente y La Salud Humana., Universidad Nacional de Colombia, Rapal-mira, Sena, Palmira, 1994. 132 p.
- **CANCELADO, R.:** Concepto sobre Manejo Integrado de Plagas y su aplicación en América Latina: Manejo Integrado de plagas con tecnología MIP. En: Boletín de sanidad vegetal. Vol. 29, N°4 (Enero, 2000); p 15-36 ICA.
- **CARSON R.:** La Primavera Silenciosa. Ediciones Grijalbo. Barcelona, 1980. 89 p.
- **CASTRO. R., MOKATE, K.M.:** Evaluación Económica de Proyectos de Inversión. Facultad de Economía, Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, 1994.
- **CHAMBERS, J. E., CARR, R. L.:** Biochemical mechanisms contributing to species differences in insecticidal toxicity. En: Toxicol. Vol. 105. (Jun-Dic. 1995); p 291–304.
- **CIAO, BIOMA, Y MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL.** Agricultura Ecológica: Guía Metodológica. Serie Investigaciones. Bogotá, Octubre de 1998. 213 p.
- **CIFUENTES.E.:** Informe de La Experiencia de los Mercados Ecológicos Campesinos en el Valle del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Cali, 2006. 1 archivo de computador.
- **COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS.** Codex Alimentarius. Guía de recomendaciones del Codex referentes a residuos de plaguicidas, parte 2. Límites máximos para residuos de plaguicidas. Ed. Tercera, Roma 1987. 322 p
- **COMPES 2750 Minambiente-DNP UPA.:** Política Nacional Ambiental Salto Social Hacia el Desarrollo Humano Sostenible. Santafé de Bogotá, Colombia, 1990-1994.
- **COTES, A. M.** Políticas ambientales y de desarrollo sostenible para el sector agropecuario. SAT- 1 COL/94/OIT. Bogotá, julio de 1995.
- **CROMMENTUIJN, T., D. SIJM, J. DE BRUIJN, K. VAN LEEUWEN & E. VAN DE PLASSCHE.** Maximum permissible and negligible concentrations for some organic substances and pesticides. En: Journal of Environmental Management. Vol. N° 58 (oct. 2000); p 297-312.
- **CVC.:** Programa de Mercados Verdes. Corporación Autónoma del Valle del Cauca. Cali, 2006.
- **CVC.:** Sistema de Información Geográfica de la Unidad de Manejo de Cuenca JAMUNDI-CLARO-TIMBA, CALI, 2003. 192 p.
- **DAJUZ, R.:** Los insecticidas. Dirección del laboratorio de Ecología General del Museo Nacional de Historia Natural. Francia, 1997. 98 p.
- **DANE.:** Censo Poblacional, por áreas y sexo, según departamentos y municipios. 2005
- **DANE, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, SISAC.:** Encuesta Nacional Agropecuaria. Colombia. 2004. 14 p.
- **DAY, K.E.** Pesticide transformation products in surface waters: effects on aquatic biota. En: Pesticides transformation products: fate and significance in

the environment. Eds. ACS Symposium Series. Vol. 122 Nº 459 (May. 1991); p. 35-52

- **DÍAZ, SARMIENTO R.** Memorias del Seminario de Impacto del uso de los plaguicidas sobre la biodiversidad y la salud de la comunidad. Universidad de Caldas, Observatorio de conflictos ambientales del viejo Caldas y centro occidente colombiano. Manizales, 1996.
- **DIXON, J.A., Y P.B. SHERMAN.** Economics of Protected Areas Washington, D.C., 1990.
- **ECHAVARRÍA, M.:** Manual de Capacitación: Agua valorización de un servicio ambiental. The Nature Conservancy. Chile, 1999.
- **EISLER, R.** Diazinón hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synopsis review. U.S.A Department of the Interior, 1986. 17 p.
- **ENA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- CCI.:** Agroencifras 2007 Colombia. 137 p.
- **ESCARTÍN, E.; PORTE, C.:** Acetylcholinesterase inhibition in the fish *Procambarus clarkii* exposed to fenitrothion. En: Ecotox. Environ. Safety. Vol. 34 (Ago. 1996); p 160-164.
- **FAJARDO SANABRIA, F.** Revista del Icontec. No 41, Año 14, 2do trimestre de 1.999.
- **FAO.:** Eliminación de grandes cantidades de plaguicidas en desuso en los países en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Organización Mundial de la Salud. 1996.
- **FAO/OMS.** Memorias de la Reunión conjunta sobre residuos de plaguicidas: aspectos toxicológicos y ambientales de los residuos de plaguicidas en los alimentos. Parte II, (JMPR); OMS, Ginebra, 1995. WHO/PCS/96.48.
- **FEDEARROZ.:** II Censo Nacional Arrocerero. Zona Centro. Fedearroz, Fondo Nacional del Arroz- División de Investigaciones Económicas. Bogotá, julio de 2000. 152 p.
- **FEDEARROZ.** II Censo Nacional Arrocerero. Zona Costa Norte y Santanderes. Fedearroz, Fondo Nacional del Arroz- División de Investigaciones Económicas. Bogotá, Julio de 2000. 125 p.
- **FEDEARROZ.** II Censo Nacional Arrocerero. Zona Bajo Cauca. Fedearroz, Fondo Nacional del Arroz- División de Investigaciones Económicas. Bogotá, julio de 2000. 124 p.
- **FIGUEROA, A., CONTRERAS, R., SÁNCHEZ, J.:** Evaluación de impacto ambiental. Un instrumento para el desarrollo. Cali, Colombia: Toro Corredor. 1998. 175 p.
- **FERRANDO, M.D.; ANDREU, E.; FERNÁNDEZ, A.:** Persistence of some pesticides in the aquatic environment. En: Bull. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 48 (Mar. 1992); p 747-755.
- **FORGET, J.; PAVILLON, J.F.; BELIAEFF, B.; BOCQUENÉ, G.** Joint action of pollutant combinations (pesticides and metals) on survival (LC50 values) and acetylcholinesterase activity of *Tigriopus brevicornis* (*Copepoda, Harpacticoida*). En: Environ. Toxicol. Chem. Vol. 18. Nº 5. (1999); p 912-918.



- **FORLANI G. MANTELLI M, BRANZONI M, NIELSEN E y FAVILLI F.** Differential sensitivity of plant-associated bacteria to sulfonylurea and imidazoline herbicides. En: Plant and Soil. Vol. 176. N° 6 (Oct – Dic. 1995): p. 243-253. Netherlands.
- **FRANK, R.; BRAUN, H.E.; CHAPMAN, N.; BURCHAT, C.** Degradation of parent compounds of nine organophosphorus insecticides of chronic stress in *Daphnia magna* Straus. En: Arch. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 11 (1991); p 457-463.
- **FUJII, Y.; ASAKA, S.** Metabolism of diazinon and diazoxon in fish liver preparations. En: Bull. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 29; (1982) p 453-460.
- **FUKUTO, T.R.** Mechanism of action of organophosphorus and carbamate insecticides. En: Environ: health Perspectives. Vol 87. N° 10 (Apr-Jun. 1990); p 245-254.
- **GALLO, M.A.; LAWRYK, N.J.** Organic phosphorus pesticides. En: Handbook of pesticide toxicology. Vol. 26. N° 8. Hayes W.J. y Laws, E.R., ed. Academic Press, (San Diego.1991); p 917-1123.
- **GOMERO. L.O:** Memorias del segundo simposio internacional y tercero nacional: efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud humana: experiencias de alternativas agrícolas aplicables en la zona andina. Universidad Nacional de Colombia, Rapal-mira, Sena, Palmira, 1994.
- **GONZALES E., G GUILLOT, N. MIRANDA, y D. POMBO.:** Perfil Ambiental de Colombia. AID, Colciencias, FEN. Bogotá, Colombia., 1990. 260 p.
- **GUENGERICH, F.P.; LIEBLER, D.C.** Enzymatic activation of chemicals to toxic metabolites. En: CRC: Crit. Rev. Toxicol. Vol. 14. N° 8. (Ene Mar. 1985); p 259-307
- **GUILHERMINO, L.; LACERDA, M.N.; NOGUEIRA, A.J.A.; SOARES, A.M.V.M.** In vitro and in vivo inhibition of *Daphnia magna* acetylcholinesterase by surfactants agents: possible implications for contamination biomonitoring. En: Sci. Total Environ. Vol. 247. N° 82 (Ene. 2000); p 137-141.
- **GUZMÁN, M.A.:** Memorias Seminario de Valoración Económica del Medio Ambiente: elementos que delimitan la valoración de un bien o servicio ambiental: el caso del recurso agua en la Reserva de la Biosfera El Triunfo en Chiapas, México. Instituto Nacional de Ecología. México, 2000.
- **GUZMÁN, V.R.:** Residuos Foliare del Monocrofos y Mitilparathion, Sus Riesgos en Actividades Ocupacionales Agrícolas. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad del Tolima. Ibagué, 1983. 38 p.
- **HARDIN, G.:** The Tragedy of the Commons. En: Journal Science. Vol. 68. N° 2. (Marzo. 1968); p. 10-35.
- **HDGCP.:** Human Dimensions of Global Change Programme. A common understanding for a common future: Latin America perspectives on global environmental change. Memorias "Report of a workshop in Caracas". Ottawa-Canada, FIAS, ISSC, UNU, UNESCO, IDRC, 1990.
- **HILDEBRAND, J.G.; TOWNSED, J.C.; KRAVITZ, E.A.** Distribution of acetylcholine, choline, choline acetyltransferase and acetylcholinesterase in regions and single identified axons of the lobster nervous system. En: Neurochem. Vol. 23. N° 10 (Oct. 1974); p 951-963.

- **HURTADO, C.:** Los Instrumentos Económicos Aplicados al Medio Ambiente. Instituto Nacional de Ecología, México, 1992.
- **HUTCHINSON, G.I.:** Nitrogen Cycle Interactions with Global Change Processes. In Niertenberg, W.I. San Diego: Encyclopedia of Environmental Biology. Volume 2, Academic press. 1995. p. 702.
- **IGAC – CVC.** 1980. Estudio Semidetallado de Suelos del Valle Geográfico del Rio Cauca. Bogotá.
- **IPCS, 1993.** Guía de Salubridad y Seguridad No. 80: *Monocrotofos*. IPCS/OMS, Ginebra.
- **IRET.** Manual de plaguicidas. Guía para América Central. Instituto Regional de Estudios en Sustancias Toxicas, IRET. EUNA. Ed 2. 2000. 395 p.
- **JACOBY, W.B.** Detoxification enzymes. En: Enzymatic basis of detoxification. Vol. 1. (Sep-Dic. New York, 1980); p 1-6.
- **JIMÉNEZ, R.M., CAMO, J.:** Agricultura Sostenible. Comisión Europea, Dirección General del Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección Civil. España, 1997. 275 p.
- **KIM, S.H., DIXON, J.A.:** Economic Valuation of Environmental Quality Aspects of Upland Agricultural Projects in Korea. Economic Valuation Techniques for the Environment, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1986.
- **KEISER, J.** 1954. Contribución al Conocimiento de la Cordillera Occidental. La Geología del Flanco Oriental de la Cordillera Occidental en la Región de San Antonio, Municipio de Jamundí. *Valle del Cauca*. Informe 1046 (Inédito). Ingeominas Bogotá.
- **MALTHUS, Thomas Robert.** Ensayo Sobre el Principio de la Población. 5 ed. Londres, Inglaterra, 1986. 112 p.
- **MAN, J.B.:** Manual para el Adiestramiento en el Uso de Plaguicidas. Universidad de Miami, 1989.
- **MAYA. A.:** Memorias del I Simposio Internacional y II Nacional Plaguicidas, Ambiente y Salud Humana: Los Costos de Producción. Universidad Nacional de Colombia, Rapal-mira, Sena, Palmira, 1990. 124 p.
- **MATSUMURA, F.:** Toxicology of Insecticides. Second Print. New York. Plenum press, 1976.
- **McCOLLUM, D.W., G. PETERSON, Y S.S. SWANSON:** A Managers Guide to the Valuation of Nonmarket Resources in Alaska. Valuing Wildlife Resources in Alaska. Social Behavior and Natural Resources Series. Westview, Boulder, Colorado 1992.
- **MEADOWS, D.H., MEADOWS, D.L., RANDERS, J., BEHERENS, W.W.:** Los Límites del Crecimiento. Informe al Club de Roma Sobre el Predicamento de la Humanidad. New York, 1972.
- **MICOLTA, M.F., GARDEAZABAL, A.:** Toxicopatología y Contaminación por Usos de Agroquímicos, Centro y Sur del Tolima. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Caldas, Manizales, 1989.
- **MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL.:** Anuario Estadístico. Colombia, 1998.

- **MISHAM, E. J.** The Postwar Literature on Externatilities: An Interpretative Essay. En: Journal of Economic Literature. Vol 37. N° 4 (Apr. 1971); p 35-62.
- **MITCHELL, R.C., Y R.T. CARSON.** Using Surveys to Value Public Goods. The Contingent Valuation Method. Washington D.C., Resources for the Future. 1989.
- **MUNASHNINGHE, M, Y LUTZ E.** Environment Economics and Valuation in Development Decision Making. Environmental Economics and Natural Resource Management in Developing Countries. Committee of International Development Institutions on the Environment, 1993.
- **NIVIA, A.:** Mapa Geológico del Departamento del Valle del Cauca, escala 1:250.000 con memoria explicativa. INGEOMINAS, 1999. 460 p.
- **NIVIA, A.:** Land Evaluation and Landscape Science. Enschede: ITC.1999
- **NIVIA, E.:** Mujeres y Plaguicidas. Una Mirada a la Situación Actual, Tendencias y Riesgos de los Plaguicidas. Rapal-mira, Ecofondo, Pan. Colombia, 2000. 126 p.
- **NIVIA, E.:** Memorias del I Simposio Internacional y II Nacional Plaguicidas, Ambiente y Salud Humana. Universidad Nacional de Colombia, Rapal-mira, Sena, Palmira, 1990.
- **NRA.** Análisis del Monocrotofos. Serie de Análisis de la NRA 00.1. Dirección Nacional de Registro de Sustancias Químicas Agrícolas y Veterinarias. Australia. 2000.
- **N. VAN CONG, N. THANH PHUONG, B. MARK.** Sensitivity of brain cholinesterase activity to diazinon (Basudin 50ec) and fenobucarb (Bassa 50ec) insecticides in the air-breathing fish *Channa striata* Environmental toxicology and chemistry, 2006, vol. 25, n°5, pp. 1418-1425 [8 page(s) (article)] (39 ref.)
- **PAPE, E., IXCOT, L.:** Economía de la Biodiversidad: Guatemala: Valoración Económica del Lago Ametlán. Mexico. 1999. 519 p
- **PEARCE, D.:** Environmental Economics. Longman, Londres, 1976.
- **PEARCE, D.W Y TURNER, R.K.:** Economics of Natural Resources and the Environment. Harvester, Londres, 1990.
- **PIAMONTE. R.P.:** Recuperación de Suelos Tropicales con Alternativas Orgánicas". "Memorias del Segundo Simposio Internacional y Tercero Nacional Efectos de los Plaguicidas Sobre el Ambiente y la Salud Humana. Universidad Nacional de Colombia, Rapal-mira, Sena, Palmira, 1994.
- **PNUMA.** *World Resources. Geneve, 1992.*
- **PNUMA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, GEF.:** Reducción del Escurrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe. Bogotá, Colombia: ed Earth, 2000. 163 p.
- **ROBERTSON, J.B.; MAZZELLA, C.** (1989). Acute toxicity of the pesticide diazinon to the freshwater Snail *Gillia altili*. En: Bull. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 42 (Sep. 1989); p 320-324.
- **ROMO. J.L.:** Evaluación Económica de la Migración de las Mariposas Monarca. Memorias del Seminario Internacional sobre Aspectos Económicos de la Biodiversidad. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, 1999.

- **SAC.** Colombia Agropecuaria y Rural. Santa fe de Bogotá. Boletín Especial informativo de la Sociedad de Agricultores de Colombia. Julio, 1999.
- **SAC.** “Fuerte incremento de los precios de los agroquímicos”. En: Revista El Editorial Agrario. Tercer y Cuarto trimestre de 1999, Santa fe de Bogotá. Boletín informativo de la Sociedad de Agricultores de Colombia No 45 y 46. Octubre, 1999.
- **SAMANIEGO J.L.:** Economía de la biodiversidad. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, 1999.
- **SANTOS, A. Y FLORES, M.** Effects of glyphosate on nitrogen-fixing of free living heterotrophic bacteria. En: Letters in Applied Microbiology. Vol 20 N° 6 (Abr-Jun. 1995): p. 349 – 352.
- **SANZ, P.; REPETTO, M.** (1995). Implicaciones toxicológicas de las enzimas colinesterasas. En: Toxicología avanzada. Vol. 12. N° 2. (Madrid. 1995); p 117-145.
- **SENA-SAC.** Manual de Capacitación Fitosanitario. Tercera edición, febrero, 2000.
- **SHERMA, J.:** Manual of Analytical Quality Control for Pesticides and Related Compounds. U.S. EPA. Health Effects Research Laboratory. Research Triangle Park, 1976.
- **SISAV:** Socialización del Sistema de Información del Sector Agropecuario del Valle del Cauca, Colombia (SISAV). Cali, 2007.
- **THOMPSON, H.M.** (1999). Esterases as markers of exposure to organophosphates and carbamates. En: Ecotoxicology. Vol 16. N° 8. (Nov. 1999); p 369-384.
- **TOLBA, M.K:** Desarrollo Sin Destrucción: Evolución de las Percepciones Ambientales. Barcelona. Serbel, 1982. 220 p.
- **TSUDA, T.; KOJIMA, M.; HARADA, H.; NAKAJIMA, A.; ACKI, S.** Acute toxicity, accumulation and excretion of organophosphorus insecticides and their oxidation products in killifish. En: Chemosphere. Vol. 35 N° 5 (1997); p 939-949.
- **USDA.:** Claves de Taxonomía de Suelo Comité para Reconocimiento de Suelos, Departamento de Agricultura de los EE.UU, 1994.
- **US-EPA, 1985.** Pesticide fact sheet No 72: Monocrotophos. USEPA, Washington, D.C. EE.UU.
- **VALLEJO. F.A.:** Memorias del I Simposio Internacional y II Nacional Plaguicidas, Ambiente y Salud Humana. Universidad Nacional de Colombia, Rapal-mira, Sena, Palmira, 1990.
- **VALLEJO. M.C.:** Toxicología Ambiental. Fondo Nacional Universitario. Santafé de Bogotá, D.C., 1997. 180 p.
- **VAN CONG. N, THANH PHUONG. N, MARK. B.:** Sensitivity of brain cholinesterase activity to diazinon (Basudin 50ec) and fenobucarb (Bassa 50ec) insecticides in the air-breathing fish *Channa striata* En: Environmental toxicology and chemistry. Vol. 25, N°5 (2006); p 1418-1425
- **VAN VELZEN, H.P.:** Prioridades para la Conservación de la Biodiversidad en los Andes Colombianos. Colombia, Popayán, 1992. 235 p

- **VERDUGO, G. & NIVIA, A.:** 1985. Reseña Explicativa del Mapa Geológico Preliminar, Plancha 299 – Jamundí. Ingeominas, Bogotá. ZONNEVELD, I. Land Evaluation and Landscape Science. Enschede: ITC, 1979.
- **VERGARA, R.:** La Problemática del Uso de Plaguicidas en Colombia. Memorias del I Simposio Internacional y II Nacional Plaguicidas, Ambiente y Salud Humana. Universidad Nacional de Colombia, Rapal-mira, Sena, Palmira, 1990.
- **WARE, G.W.** (1983). *Pesticide. Theory and applications*. W.H. Freeman and Company, ed., New York, 308 pp.
- **WONG, C.K.** (1997). Effects of diazinon on some population parameters of *Moina macrocopa* (Cladocera). En: Water Air Soil Pollut. Vol 393 (Ene. 1997); p 393-399.
- **ZABLOTOWICZ, R.M. y REDDY, K. N.:** Impact of Glyphosate on the Bradyrhizobium japonicum Simbiosis with Glyphosate-Resistant Transgenic Soybean. En: Environ. Qual. Vol. 12. N°. 4 (Ene-Mar. 2004): p. 10 – 20.

## ANEXOS

### ANEXO A. Principales plaguicidas utilizados en el cultivo del arroz

<b>Cuadro 1.</b> Principales insecticidas utilizados en el cultivo del arroz.				
<b>Nombre comercial</b>	<b>Nombre técnico</b>	<b>Casa comercial</b>	<b>Usos</b>	<b>Dosis (L / ha)</b>
Basudin 600 Ec	Diazinon	NOVARTIS	Sogata, chinches	0.8 - 1
Buldock EC 025	Betacyflutrina	BAYER	Cucarro, cogollero	0.25
Curacron	Profenofos	NOVARTIS	Cogollero, Epitrix	0.8
Cymbush	Cypermctrina	BASF	Cucarro, cogollero	0.15-0.25
Decis 2,5 EC	Deltametrina	AGREVO	Cucarro, cogollero	0.25-0.3
Dimecron	Fosfamidén	NOVARTIS	Sogata, Blissus	0.4-0.6
Dimilin 25%	Diflubenzuron	PROFICOL	Cogollero, Hidrellia	250-300 g**
Dimilin 48%	Diflubenzuron	PROFICOL	Cogollero, Hidrellia	130-150 g**
Dipel	<i>Bacillus thuringiensis</i>	ABBOTT	Cogollero	0.3-0.4
Ekatin 25	Tiometon	PROFICOL	Afidos, Sogata	0.3-0.5
Fastac 10 EC	Alfa-cypermctrina	CYANAMID	Cucarro, cogollero	0.2
Furadan	Carbofuran	AGREVO	Sogata, áfidos	1
Furadan granulado	Carbofuran	AGREVO	Plagas del suelo	10 kg**
Insectrina	Cypermctrina	FEDEARROZ	Cucarro, cogollero	0.25
Karate	Lambda cyhalotrina	BASF	Cucarro, cogollero	0.25
Lannate	Metomil	DU PONT	Chinches	0.8-1.2
Larvin 375 SC	Tiodicarb	RHONE-POULENC	Spodoptera	1
Lorsban 2,5 DP	Clorpirifos	DOW ELANCO	Tierreros, Hormigas	20-30 kg**

Lorsban 4 EC	Clorpirifos	DOW ELANCO	Sogata, cogollero	0.8-1.2
Malation 57%	Malation	PROFICOL	Sogata, cogollero	1.0-1.5
Metil paration	Metil paration	AGREVO	Sogata, cogollero	1.0-1.5
Monocrotofos 600 FED	Monocrotofos	FEDEARROZ	Sogata, cogollero	0.7-1.2
Orthene 3%	Acefato	PROFICOL	Plagas del suelo	15-25 kg**
Profitox 80	Triclorfon	PROFICOL	Cucarrón	1 kg**
Regent	Fipronil	RHONE-POULENC	Cucarrón	0.25-0.3
Roxion 40 EC	Dimetoato	CYANAMID	Sogata, chinches	0.6-0.8
Saluthion	Clorpirifos + Dimetoato	BASF	Sogata, chinches	1.75
Sevin 5 DP	Carbaril	RHONE-POULENC	Plagas del suelo	20 kg**
Trebon	Etofenprox	RHOM AND HAAS	Cucarro, Sogata	0.5-1
Volaton	Phoxim	BAYER	Plagas del suelo	18-20 kg**

**Cuadro 2.** Principales herbicidas utilizados en el cultivo del arroz.

Nombre comercial	Nombre tecnico	Casa comercial	Usos	Dosis (L / ha)
Actril D.S.	2,4-D + Ioxiniloctanoato	RHONE-POULENC	Hoja ancha, Piñita	0.3-0.6
Ally	Metsulfuron metil	DU PONT	Hoja ancha, Piñita	15 g**
Anikil 4	2,4-D ester	BASF	Hoja ancha	0.5-0.8
Anikilamina 4	2,4-D amina	BASF	Hoja ancha	hasta 1
Arrozin	Anilophos	AGREVO	Potencializador *	1-1.5
Arsenal 240	Imazapir	CYANAMID	Quemas	2.0-3.0
Aura 20 EC	Clefoxydim (ácido)	BASF	Gramineas	0.75

Avirozan	Piperofos / Dimetametrina	FERSAGRO	Amplio espectro	0.5
Basagran	Bentazon	BASF	Amplio espectro	2.5-3.5
Bolero (Saturno)	Bentiocarbo	CYANAMID	Piñita, gramíneas	2.5-3.5
Classic Arroz	Bensulfuron + Clorimuron	DU PONT	Cyperaceas + Gramíneas	70 g
Clincher EC	Cyhalofop n-butyl ester	DOW-ELANCO	Gramíneas	1.2-1.5
Command	Clomazone	DU PONT	Gramíneas	1.0-1.2
Duplosan Combi	2,4-D + 2,4-DP	BASF	Hoja ancha	0.3-0.7
Facet SC	Quinclorat	BASF	Gramíneas	1.0-2.0
Foresite	Oxadiazon	BAYER	Gramíneas	1.3-1.7
Furore I	Fenoxaprop-etil	AGREVO	Gramíneas	1.0-1.5
Goal	Oxifluorfen	RHOM & HAAS	Gramíneas	1.0-1.2
Gramoxone	Paraquat	BASF	No selectivo	3.0-4.0
Logran 75 WG	Triasulfuron	FEDEARROZ	Hoja ancha	18 g
Machete Fedearroz	Butachlor	FEDEARROZ	Gramíneas y piñita	3.0-4.0
Nominee	Bispiribac-Sodium	BAYER	Amplio espectro	0.4 - 0.5
Propanil Fedearroz	Propanil (480 g/L)	FEDEARROZ	Gramíneas	5.0-10.0
Prowl 330 EC	Pendimetalin	PROFICOL	Gramíneas (caminadoras)	3.0-4.0
Rifit	Pretilaclor	NOVARTIS	gramíneas, piñita	3
Rocket	Glifosato	MONSANTO	Amplio espectro	
Round up	Glifosato	MONSANTO	Quemas	2.5-4.0
Rymein	Oxyfluorfen +	RHOM AND	Gramíneas	4



	Piperofos	HASS		
Skoll	Etoxisulfuron	AGREVO	Gramíneas	100 g
Sierra	Propanil/Fenotiol	PROFICOL	Amplio espectro	6.0-10.0
Sirius	Pirasulfuron etil	CYANAMID	Gramíneas	2
Stampir	Propanil + Triclopyr	RHOM AND HAAS	Amplio espectro	5.0-8.0
Tiller	Fenoxaprop etil + 2,4-D	AGREVO	Gramíneas	1-1.2
Tordon 101	2,4-D + Picloran	DOW ELANCO	Hoja ancha	0.3-0.6

**Cuadro 3.** Principales fungicidas utilizados en el cultivo del arroz.

Nombre comercial	Nombre tecnico	Casa comercial	Usos	Dosis (L / ha)
Antracol	Propineb	BAYER	Manchado de grano	1.2 - 1.6 kg
Bayleton	Triadimefon	BAYER	Escaldado	
Benlate	Benomil	DU PONT	Piricularia, Escaldado	250 - 500 g
Bim 75 WP	Triciclazol	PROFICOL	Piricularia	200 - 300 g
Bla-S	Blasticidin	PROFICOL	Piricularia	1 - 1.5
Bravo 500	Clorotalonil	PROFICOL	Helminthos, Manchado	2
Calidan SC	Iprodione + Carbendazim	RHONE-POULENC	M, de grano, añublo	1.25 - 1.5
Derosal 500	Carbendazim	AGREVO	Cercospora, m. grano	0.5 kg
Dithane FMB	Mancozeb	ROHM AND HAAS	Amplio espectro	3 - 4
Du-ter 20%	FHT bifenilhidróxido de Sn	PROFICOL	Piricularia, Rhincho, Helmintho	1.5 - 2 kg
Elosal 720 SC	Azufre elemental	AGREVO	Amplio espectro	1.0 - 2.0

Fongoren	Piroquilon	NOVARTIS	Piricularia	0.5 - 0.6 kg
Fudiolan	Isoprotiolan	AGREVO	Piricularia	1
Hinosan	Edifenfos	BAYER	Piricularia	1.0
Indar 2 OF	Fenbuconazole	ROHM & HASS	Rhizoctonia	0.4 - 0.5
Kasumin 2%	Kasugamicina	FEDEARROZ	Piricularia en hoja	1 1.5
Kasumin P	Kasugamicina + Fosdiphen	FEDEARROZ	Piricularia, Helmintospo	1 - 1.5 kg
Kidan 250 S.C.	Iprodione	RHONE-POULENC	Piricularia, Helmintospo	1 - 1.5
Kitazin 48 EC	Iprobenfoz	CYANAMID	Piricularia, Rhizoctonia	1 - 1.25
Monceren WP 25	Pencycuron	BAYER	Rhizoctonia	0.8 kg
Moncut 20 SC	Flutolanil	AGREVO	Rhizoctonia	1.5
Octave	Procloraz	AGREVO	Piricularia, escaldado	0.25 kg
Pro-gro	Carboxin + Thiran	PROFICOL	Rhizoctonia, P. Semillas	2 Kg
Punch	Flusilazol	DU PONT	Rhizoctonia	0.35
Taspa 500 EC	Propi + Difeconazol	NOVARTIS	Rhizoctonia	0.2 - 0.25
Tifon	Propiconazol + Piroquilón	NOVARTIS	Piricularia, Manchado	0.5 kg
Tilt	Propiconazol	NOVARTIS	Rhizoctonia, m de grano	0.5
Validacin 3%	Validamicina	FEDEARROZ	Rhizoctonia	1 - 2
Vitavax 300	Carboxin + Captan	PROFICOL	Amplio espectro	a la semilla

Fuente: FEDEARROZ B Puentes (1998).

\*Se adiciona al propanil para aumentar la eficiencia de éste. \*\*Dosis para bomba espaldera.

## ANEXO B. Tratamiento de cada modelo de producción por hectárea

### Cultivo bajo modelo convencional

**Adecuación del suelo:** Inicialmente se queman los residuos de cosecha, para dar paso a dos circulaciones de rastrillo y dos de rotavitor y dos de fangueo, para un total de seis circulaciones de maquinaria. Se conforman las bordas y las piscinas pero no se da paso a la circulación del agua, por el contrario se deja el suelo húmedo, mas no inundado, para la incorporación de los fertilizantes y posteriormente se pasa la siembra de la semilla.

**Fertilización:** se utilizaron 120 Kg de DAP, 114 kg de Urea y 100 Kg de KCL, por hectárea. Estas cantidades son determinadas de acuerdo al criterio del agricultor y no con base en los análisis de suelo. La aplicación de los fertilizantes se realiza al voleo dirigido al suelo y se hace antes de la siembra cuando el lote este sin agua, para que se incorpore al suelo con el pisoteo de las personas que realizan la fertilización. (Figura 1)

**Figura 1. Aplicación de los fertilizantes al voleo**



**Siembra:** se empleo el sistema de siembra directa al voleo, sobre suelo húmedo y semilla pregerminada 24 horas en agua y 24 en incubación y se utilizan 187.5 kilogramos de semilla variedad Fedearroz 2000 por hectárea. (Figura 2)

**Figura 2. Sistema de siembra directa al voleo**



**Plan de aplicación de Agroquímicos:** Al final del primer mes después de la siembra, se aplican los siguientes herbicidas (Nombre comercial): Roundup SL, Apache 20 EC, Nominee SC 100, 2,4D Amina 4 COLJAP SL, Clincher EC y Aura 20 EC. El Nominee se aplicó a parte de los demás herbicidas, con una dosis de 1 litro para 55 galones de agua. El resto de herbicidas los aplicaron juntos, diluidos en 55 galones de agua para una hectárea con bomba de espalda. De cada herbicida se emplea una dosis de 0.8 Litros, menos el Roundup, pues se aplican cuatro litros. En esta misma época se aplicaron los siguientes fungicidas: Moncut 20 SC, Taspá 500 EC y Molto EC. La dosis de aplicación de cada uno fue de un litro por 200 litros de agua.

A la mitad del segundo mes de haber sembrado la semilla, se realiza la aplicación de los insecticidas, los cuales fueron (nombre comercial): Desis 2.5 EC, Sistemín 40 EC, Basudin 600 EC y Monocrotofos 600 SL, cada uno se aplica con bomba de espalda. La dosis de aplicación de cada uno fue de un litro por 200 litros de agua, menos el Sistemín, pues de este se aplican 2L en 200L de agua y a parte de los demás. En esta época se realizaron los muestreos de agua para los análisis con cromatografía de gases.

### Cultivo bajo el modelo en reconversión

**Preparación y adecuación de suelos:** La preparación de suelo se realizó en época seca, con cuatro pases de rastra pesada, incorporando el tamo del cultivo arroz anterior, dejando terrones de un diámetro entre 4 y 2 centímetros. Posteriormente se reconstruyen las bordas, trazando curvas a nivel según la pendiente de los lotes, las piscinas formadas son inundadas con agua, y una vez el suelo este saturado se utiliza un rastrillo de púas o fangueador para nivelar el suelo dentro de la piscina. Las piscinas quedan inundadas por dos semanas, con una lámina permanente de agua de cinco a ocho centímetros de altura, para el control físico de las malezas y para que el suelo permanezca blando para el trasplante. (Figura 1)

**Figura 3. Control de físico de malezas**



**Variedades cultivadas:** La variedad de arroz utilizado en el ensayo es Fedearroz 2000, al igual que en el otro modelo en evaluación, con un ciclo de 150 días. Esta variedad presenta rápido macollamiento, característica requerida para el trasplante, rusticidad, resistencia a plagas y enfermedades presentes en la zona y buen rendimiento en el molino.

La época del año óptima para la siembra, es aquella en la cual coinciden los meses de alta luminosidad, con el desarrollo del primordio floral, que es aproximadamente a los 9 meses de la siembra.

**Sistema de siembra:** El sistema de siembra utilizado es el trasplante, ya que se logra un mejor manejo de las malezas, menor cantidad de semilla, mejora la calidad del grano, y genera empleo en la zona.

**Manejo de semilleros:** La cantidad de semilla requerida en el semillero, para trasplantar una hectárea dejando dos plantas por sitio, a una separación de 20 x 20 centímetros, es 60 kilos con un porcentaje de germinación del 90%, si la germinación es menor, la cantidad se debe recalcular.

La semilla se pre-germina, sumergiendo los sacos con la semilla en agua por 24 horas, posteriormente se retiran del agua y se deja en incubación por 24 horas, en un sitio fresco volteando los sacos 3 veces cada seis horas para mejorar la aireación, sin perder la humedad. Antes del trasplante las radículas deben presentar una longitud de 1.5 milímetros.

La ubicación de los semilleros se hace en la cabecera de los lotes, para facilitar el riego y drenaje permanente, y el transporte de las plántulas al momento del trasplante. El área mínima de semillero es de 400 metros cuadrados efectivos para una hectárea de cultivo. (Figura 2)

**Figura 2. Establecimiento de semilleros en la cabecera del lote**



Los semilleros se establecen en camas húmedas, sobre suelo fangueado, retirando manualmente los residuos de malezas (tallos y raíces) y bien nivelado, construyendo camas levantadas de 5 a 7 centímetros, dejando entre camas canales para el drenaje del agua y manejo. Las camas se construyen de 1.2 metros de ancho por 12 a 15 metros de largo dependiendo del ancho de la piscina y el sentido de circulación del agua.

La siembra en las camas se inicia distribuyendo la semilla bien espaciada al voleo, utilizando 150 gramos por metros cuadrado, para lo cual estandarizo un recipiente por volumen, teniendo en cuenta el peso con la semilla seca y el volumen con la semilla húmeda.

Durante los primeros 5 días de germinación y emergencia, los semilleros deben ser vigilados de día por los trabajadores y de noche con mecheros de acpm, para evitar que los pájaros se coman las semillas, hasta que las plántulas alcanzan una altura de 3 centímetros. (Figura 3)

**Figura 3. Cuidado de los semilleros**



La fertilización de las camas se realiza antes de la siembra, incorporando compost (1 kilo), más 150 gramos de roca fosfórica y aplicando al suelo fertilizante orgánico liquido Green N en dosis de 10 cc por litro de agua, para cada metro cuadrado de suelo. La fertilización complementaria se realiza con aplicaciones cada cinco días hasta el trasplante con el fertilizante Kimelgram con una dosis de 100 gramos por litro de agua y ENERGY LIFE 5 cc para cada metro cuadrado de terreno. La aplicación se realiza con bomba de espalda.

El manejo fitosanitario del semillero se realiza en forma preventiva, realizando aplicación al suelo 3 días antes de la siembra de Micobiol T. (hongo Trichoderma), en dosis de 1.25 gramos de producto por litro de agua para un metro cuadrado de cama. Para el manejo de insectos durante esta etapa como la *Rupela albinella*, la *Spodoptera sp* la *Hydrellia sp* y pulgón amarillo *Sipha flava* se realiza aplicando cada cinco días el repelente de insectos (REP-INSECT) a una dosis de 1.5 c.c. por litro de agua. Las aplicaciones se realizaron con bomba de espalda.

El manejo del riego se realiza por baños o mojes en los primeros 5 días, en la época de emergencia, cuando las plántulas tienen una altura de 5 centímetros en adelante, se maneja una lámina de agua permanente de 3 a 5 centímetros de altura, hasta el trasplante.

Para aplicaciones de abonos y productos biológicos se retira el agua por un día mientras se realiza la labor y los productos actúan.

**Manejo de trasplante:** La edad de las plántulas al trasplante es de 28 a 30 días y con 4 hojas, con una altura 20 centímetros.

Para el trasplante, tres días antes se reduce el nivel del agua por debajo del nivel del piso de la cama de semillero, para endurecer los tallos de manera que las plántulas se recuperan más fácilmente después del trasplante. Para el arranque se inunda nuevamente la cama, para que el suelo se desprenda fácilmente y no se ocasionen daños en las raíces.

Para las labores de trasplante, se contrato un grupo de personas de la vereda dirigidas por un contratista con experiencia en esta labor, las plántulas arrancadas del semillero se empaican en sacos de polipropileno para ser transportadas a las piscinas. (Figura 4)

**Figura 4. Trasplante**



La distancia de trasplante o siembra es de 20 x 20 centímetros en promedio, dejando dos plantas por sitio.

El tiempo en que se realiza la labor de trasplante para un lote, no debe ser mayor de 4 días, para lograr uniformidad de las plantas en el cultivo. Después de trasplantado, se realizan las aplicaciones de fertilizantes y manejo fitosanitario, se inunda las piscinas manteniendo una lamina de agua entre 5 y 7 centímetros, a los 6 días se retira el agua, y se deja así por tres días, para que las plántulas desarrollen rápidamente su sistema radicular y se inunda de nuevo, manteniendo una lamina de agua entre 5 y 7 centímetros.

**Manejo del agua:** El abastecimiento de agua para el cultivo tanto en época seca como en época de lluvias, se hace efectiva en horas del día, taponando la entrada a los lotes en la noche, para evitar la entrada de agua con lodos de la creciente de los ríos, que puedan afectar el cultivo.



La construcción de bordas con un trazado de curvas a nivel, permite el manejo del agua en pequeñas piscinas en forma estable, con lamina de agua de 8 centímetros en promedio, este manejo reduce la cantidad de agua utilizada en el ciclo del cultivo, como también la erosión de suelo causada por el desagüe de las piscinas.

La adecuación de los sistemas de riego y drenaje del lote, acordes con los niveles de la zona, permite la evacuación del agua de las piscinas en forma rápida y oportuna, para realizar la práctica de manejo al cultivo como aplicación de abonos y productos biológicos.

**Fertilización:** El suelo del lote en reconversión presenta un pH moderadamente ácido y un porcentaje de materia orgánica alto. El nitrógeno presenta un porcentaje alto, por otro lado el fósforo disponible está muy bajo. El calcio está normal, el magnesio está normal y el potasio está muy alto. La capacidad de intercambio catiónico es alta, las bases totales de cambio son normales y la saturación total de bases de cambio es normal. Los elementos menores están normales. La relación calcio magnesio sobre potasio es normal y la relación calcio magnesio es condicionada, por lo tanto es recomendable aumentar en muy poca proporción los niveles de calcio. El porcentaje de carbono orgánico es ideal y nitrógeno disponible es de 70 Kg/Ha, siendo bajo para el cultivo del arroz, pues este requiere de 145 Kg/Ha de nitrógeno disponible.

Para suministrar las cantidades necesarias de nutrientes al cultivo, se realizó un plan de acuerdo al ciclo de la variedad cultivada y al análisis de suelos. Se toma como referente el día que sucede la germinación, para definir los momentos de la aplicación. (Tabla 1)

**Tabla 1. Plan de fertilización para el cultivo de arroz agroecológico después del trasplante**

ABONO O FERTILIZANTE ORGÁNICO	MOMENTO DE LA APLICACIÓN	DOSIS / HECTÁREA
COMPOST	Antes del Trasplante	1000 kilos
Roca Fosfórica	Antes del Trasplante	78 kilos
INTI-SATIRI	Antes del Trasplante	2 kilos
CODHIPHOS	Antes del Trasplante	78.9 Kilos
KIMELGRAM	Antes del Trasplante y a los 37 DDG	65.8 Kilos
BIOSOLNEW	Antes del Trasplante	17.8 Kilos
GREEN N	37 -45- 53 y 81 DDG	8.5 litros
BIO-FERT	Antes del trasplante 37 DDG*	4 litros
EM	Antes del Trasplante	40 Kilos

**\*DDG:** Días Después de la Germinación

La aplicación del compost, roca fosfórica, el inti-satiri, el Kimelgram, el Codiphos y el Biosolnew se realiza al voleo dirigido al suelo, se hace antes del trasplante cuando el lote este sin agua, para que se incorpore al suelo con el pisoteo de las personas que realizan el trasplante, el producto INTI SATIRI se mezcla con la roca fosfórica antes de aplicarlo. Los demás productos (Bio-fert, y Green N) se aplican con fumigadora de espalda, con un volumen mínimo de agua por hectárea de 200 litros.

### **Manejo de malezas o plantas acompañantes**

La nivelación de los lotes de cultivo, para construir las bordas según las curvas de nivel, garantizan un manejo del agua, con láminas uniformes y permanentes entre 5 y 8 centímetros de altura, el agua ejerce un control físico sobre las malezas, inhibiendo la germinación de semillas o rebrotes de tallos, de esta forma se controla el 70% de las malezas. El otro componente del control, es la ubicación de filtros de mallas en las entradas de agua a los lotes, para capturar, semillas y tallos de malezas que viajan por los canales de riego a los lotes de cultivo.

Las principales malezas en la zona de validación de la propuesta técnica son gramíneas, como Liendrepuerco *Echinochloa colona*, Paja blanca *Luziola* spp. Plantas acuáticas, como el Centavito *Hetheranthera reniformis* y otras Barba de indio *Fimbristylis miliacea*. Durante el ciclo de cultivo se realiza control manual de plantas acompañantes con el corte permanente, dentro del cultivo, bordas y orillas.

**Manejo de plagas y enfermedades:** Después del trasplante, las poblaciones de insectos plagas más altas en la zona son la *Hydrellia* sp díptero que alcanza incidencias hasta del 60% en el cultivo, causando daños a los tejidos apicales de la planta; *Empoasca* sp. Chupador trasmisor de virus; pulgón amarillo *Sipha flava* con una incidencia del 5% en el cultivo; a partir del día 50 después de la siembra, se registro una incidencia del 56% del Lepidóptero llamado novia del arroz *Rupela albinella*.

Una vez terminado la labor de trasplante, para el manejo preventivo de hongos patógenos del suelo como el Añublo de la vaina, producida por el hongo *Rhizoctonia solani*, se realizo una aplicación al suelo con Micobiol T. (mezcla de cepas de hongo Trichoderma) la dosis empleada fue de 1.5 gr/L/m<sup>2</sup>. En relación al manejo preventivo de plagas y enfermedades en el periodo vegetativo y productivo, se realiza aplicaciones periódicas del Rep-Insect y la aplicación del BioFun.

El manejo preventivo y las evaluaciones periódicas para determinar los niveles de incidencia de los ataques de los insectos plaga y las enfermedades, es la estrategia utilizada durante el ciclo.

Los monitoreos de problemas fitosanitarios se realizaron dos veces por semana, efectuando recorridos en el lote en diagonal y en zigzag haciendo un muestreo de 10 sitios al azar de cinco plantas cada uno, revisando los tres tercios de la planta.

Se efectuaron dos aplicaciones preventivas de Micobiol T el día 50 y 60 después de la siembra, por la presencia de adulto o polilla de *Rupela albinella* (novia del arroz).

El manejo de insectos plaga y enfermedades durante el segundo ciclo de reconversión del cultivo de arroz, se realizó con productos biológicos en su totalidad, no se realizó una sola aplicación de insecticidas o fungicidas químicos.

El vigor y buen desarrollo de las plantas, por una fertilización con alta poblaciones de microorganismos benéficos, presentes en el FULVAN (compost) y EM (Microorganismos Eficaces), causaron en efecto de resistencia de la planta a microorganismos patógenos.

La presencia de insectos benéficos presentó plañismo, del día 50 al 90, especialmente en coleópteros como mariquitas *Coleomegilla*, y crisopas como *Chrysoperla sp.* y de arácnidos.

#### PLAN DE CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

INSECTICIDA ORGÁNICO	MOMENTO DE LA APLICACIÓN	DOSIS x HECTÁREA
REP-INSECT	Trasplante y a los 37 -45-53 Y 81 DDG	2 Litros
ENERGY –LIFE	37-81 DDG	2.5 litro

Los productos se aplican con fumigadora de espalda, con un volumen mínimo de agua por hectárea de 200 litros.

#### PLAN DE CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

FUNGICIDA ORGÁNICO	MOMENTO DE LA APLICACIÓN	DOSIS x HECTÁREA
Micobiol T	Trasplante	250 gramos
BIOFUN	45 y 81 DDG	2 Litros

Los productos se aplican con fumigadora de espalda, con un volumen mínimo de agua por hectárea de 200 litros.

## ANEXO C. Metodología Para el Análisis de Suelo

### Metodología para determinar el contenido de humedad de la muestra de suelo

Para la determinación de la humedad el agua debe ser removida y medida, y la masa de la muestra debe determinarse antes y después de removerla.

**Procedimiento:** pesar 10 gr de suelo seco a 40°C y colocarlos en una capsula o crisol de porcelana, el cual se ha pasado previamente. Secar en estufa a 105°C durante 24 horas. Dejar enfriar en un desecador y pesar nuevamente. Repetir la operación hasta peso constante. Descontar el peso de la capsula.

**Cálculos:**

$$\% \text{ Agua} = \frac{PHS - PSS}{PSS} * 100$$

Donde: *PHS* = Peso del suelo seco a 40°C

*PSS* = Peso del suelo al 105°C

### Metodología para determinar el pH del suelo

Pesar 10 gr de suelo molido y seco a 40°C y transferir a un vaso de 50 mL. Anadir 25 mL de agua destilada. Agitar la suspensión aproximadamente cinco minutos y dejar en reposo por 30 minutos.

Una vez calibrado el instrumento con las soluciones amortiguadoras, se procede a determinar el pH de la muestra de suelo mientras se agita la suspensión.

### Metodología para determinar la materia orgánica del suelo

#### Método por titulación de Walkley - Black

##### Procedimiento

Colocar en un erlenmeyer de 500 mL 0.5 g de suelo seco y tamizado para suelos con apariencia mineral y 0.25 g para suelos con apariencia orgánica. Agregar 20 mL de  $K_2Cr_2O_7$  1N y 10 mL de  $H_2SO_4$  concentrado. Agitar vigorosamente durante un minuto y dejar en reposo por 30 minutos. Agregar 200 mL de agua, 5 mL de  $H_3PO_4$  y tres gotas de indicador defenilamina; titular con solución de sulfato ferroso 1N, hasta que el color de la solución vire de azul pardusco a verde brillante.

**Cálculos:**

$$C_{orgánico} = \frac{(B - M) * N * 0.003 * 1.3 * 100}{p_m}$$

En donde:

B = Volumen de solución ferrosa gastado en el blanco

M = Volumen de solución ferrosa gastado en la muestra

N = Normalidad de la solución ferrosa

0.003 = Peso en gramos de un miliequivalente de carbono

1.3 = 100/77 = Factor de eficiencia de oxidación del C orgánico

M.O. = C orgánico (%) \* 1.724

Pm = Peso de la muestra en gramos

**Metodología para determinar nitrógeno total en el suelo****Procedimiento**

Pesar 1.0 g de suelo seco y tamizado por malla de un milímetro en un balón de 100 mL (sistema microKjeldhal). Para suelos con apariencia orgánica pesar 0.5 g. agregar 2.0 g de mezcla catalizadora (1.55 g de Se, 155 g de CuSO<sub>4</sub> y 96.6 g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 10ml de mezcla ácida (25 g de ácido salicílico en 500 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado) y tres perlas de vidrio. Mezclar bien mediante agitación manual dejar en reposo por una hora o por toda una noche para que se realice la reacción de nitración. Si se utilizan balones específicos del sistema microKjeldhal, conectarlos a la unidad de digestión y calentar a temperatura alta hasta que la mezcla sea clara y haya cesado la ebullición. Dejar enfriar y agregar lentamente por las paredes del balón 25 mL de agua. Agitar luego manualmente en forma rotatorio y conectar el balón a la unidad de destilación del sistema microKjeldhal. Adicionar a través del embudo 20 mL de NaOH 10N y lavar rápidamente el embudo con aproximadamente 15 mL de agua. Cerrar la llave del embudo y destilar sobre 10 mL de ácido bórico-indicador colocados en un recipiente marcado para indicar 40 mL de volumen destilado incluyendo el ácido bórico indicador agregado. Cuando se llegue a este volumen, la destilación se suspende y se titula del destilado con HCl 0.001 N usando una bureta de 10 mL graduada en intervalos de 0.01 mL. El color cambia en el punto final de titulación de verde a azul rosado.

Cuando la digestión se efectúa en balones de fondo plano, deben ser marcados a un volumen de 50 mL. Dejar enfriar la muestra digestiónada y agregar agua por las paredes del recipiente hasta completar el volumen marcado. Mezclar bien, tomar un volumen de 10 mL y colocarlos en un recipiente en la unidad de microdestilación. Agregar 5 mL de NaOH 10N y un poco de agua. Destilar sobre 5 mL de ácido bórico colocados en un recipiente marcado para recoger aproximadamente 20 mL de destilado. Titular con HCl 0.01N.

### Metodología para determinar el fósforo en el suelo

Pesar una muestra de 2.85 g de suelo y transferir a un vaso de extracción de 50 mL. Añadir 20 mL de la solución extractora y agitar durante 40 segundos. Filtrar la solución extractora (HCl 0.1N,  $\text{NH}_4\text{F}$  0.03N) y agitar durante 40 segundos. Filtrar la solución en papel filtro Whatman Nº 42. A una alícuota de 2 mL del extracto de suelo, agregar 18 mL de la solución de trabajo. Este procedimiento se sigue con las soluciones patrón de P, de manera que las concentraciones de P varían entre 0.05 y 1.0 ppm. Después de 20 minutos leer la transmitancia en un colorímetro usando una longitud de onda de 660 nm.

#### Cálculos:

Para convertir ppm P en la solución a ppm en el suelo se procede así:

$$P \text{ (ppm)} = Lc * \frac{20}{pm} * 10$$

En donde:

Lc = Lectura en la curva

Pm = Peso de la muestra

P = P disponible en el suelo (ppm)

### Metodología para determinar la textura del suelo

Sacar la muestra al aire y pasarla por un tamiz de 20mm. Si hay gravas determinar su porcentaje sobre peso total. Tomar una muestra y determinar el porcentaje de humedad. Sobre la base del suelo seco, pesar 50g si el suelo al tacto es de textura fina o 100 g si es de textura gruesa. Pasar el suelo pesado a la copa de dispersión y agregar 5 mL de la solución dispersante. Dejar en reposo por unos minutos o durante la noche. Agregar agua hasta un poco por encima de la mitad de la copa y someter la muestra a dispersión durante seis minutos si el suelo es de textura gruesa o 10 minutos si es de textura media y 15 minutos si es de textura fina. Verter el contenido de la copa al cilindro de sedimentación con ayuda de agua a baja presión y llevar el volumen a la marca inferior, teniendo el hidrómetro adentro, si se utilizaron 50 g de muestra o a la marca superior si se utilizaron 100 g sacando el hidrómetro. Agitar la suspensión 10 veces verticalmente, utilizando el agitador manual con el embolo. Tan pronto como se termine la agitación, poner en marcha el cronómetro y sumergir cuidadosamente el hidrómetro en la suspensión. Anotar la lectura del hidrómetro a los 40 segundos de haber cesado la agitación, sacar el hidrómetro cuidadosamente y tomar la temperatura. Dejar la suspensión en reposo. Poco antes que hayan transcurrido 2 horas de reposo nuevamente el hidrómetro, anotar su lectura a las dos horas y tomar la temperatura de la suspensión.

**Cálculos:**

Las lecturas del hidrómetro deben ser corregidas con base a la temperatura que se toma en cada lectura. Si la temperatura es superior a 67°F los grados que excedan a este valor se multiplican por 0.2 y se agrega a la lectura inicial. Si la temperatura es inferior a 67°F, se multiplican los grados que faltan por 0.2 y se restan de la lectura inicial o final el hidrómetro. De esta forma se obtienen las lecturas corregidas.

$$\% \text{ Arena} = 100 - \frac{\text{Lectura corregida a 40 seg}}{\text{Peso de la muestra (g) a } 105^{\circ}\text{C}} * 100$$

$$\% \text{ Arcilla (< 0.002 mm)} = \frac{\text{Lectura corregida a las 2h} * 100}{\text{Peso de la muestra (g) a } 105^{\circ}\text{C}}$$

$$\% \text{ limo} = 100 - (\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla})$$

Una vez obtenidos los porcentajes de cada fracción, determinar la clase textural del suelo problema, con la ayuda del triángulo textura del USDA.

**Metodología para determinar los cationes cambiabiles en el suelo  
(Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio)**

**Espectrofotometría de absorción atómica****Reactivos**

- Acetato de amonio ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) 1M pH 7.0

Pesar 77.08 de  $\text{NH}_4\text{OAc}$  en aproximadamente 500 mL de agua. Agregar hidróxido de amonio o ácido acético para ajustar el pH a 7.0 y completar a volumen con agua.

**Extracción**

Pesar 5 g de suelo seco y tamizado por malla de dos milímetros, agregar 25 mL de  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1M pH 7.0; agitar 10 minutos y filtrar. Cuando se determinan simultáneamente CIC y bases intercambiabiles se debe utilizar el extracto de la base saturadora de  $\text{NH}_4\text{OAc}$  del procedimiento CIC para los análisis Ca, Mg, Na y K.

- Solución de lantano al 1%

Pesar 11.73 g de  $\text{La}_2\text{O}_3$ , agregar aproximadamente 100 mL de aguas destilada. Despacio y cuidadosamente agregar 50 mL de HCl concentrado para disolver el  $\text{La}_2\text{O}_3$  y llevar a volumen de un litro. Si se utiliza  $\text{LaCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  pesar 22.44 g de este reactivo, agregar 100 mL de agua destilada y 32 mL de HCl concentrado y completar a volumen de un litro con agua.

### **Preparación de los estándares**

#### ***Calcio***

A partir de una solución de 1000 mg/L de Ca tomar alícuotas de 0, 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 y 12.5; diluir en balones aforados de 100 mL con agua destilada para obtener patrones de 0, 10, 25, 75 y 125 mg/L de Ca. La solución concentrada de 1000 mg/L de Ca se prepara pesando 27691 g de  $\text{CaCl}_2$  y diluyendo a un litro con HCl de 6.5%

Al momento de utilizar los estándares en el espectrofotómetro de absorción atómica debe seguir el mismo procedimiento para las muestras o sea tomar un mililitro de cada estándar, agregar 15 mL de la solución de lantano y 9 mL de agua para obtener concentraciones finales de 0.4, 1.0, 2.0, 3.0 y 5.0 mg/L de Ca, las cuales se usan para acondicionar el equipo.

#### ***Magnesio***

Se prepara una solución concentrada de 500 mg/L de Mg pesado 1.9584 g de  $\text{MgCl}_2$  y se diluye a un litro con HCl del 6%. Esta solución se utiliza para preparar soluciones intermedias de 0.5, 10, 20 y 40 mg/L de Mg; en este caso se toma alícuotas de 0, 1, 2, 4 y 8 mL de solución de 500 mg/L y se completa a volumen de 100mL con agua. A partir de las soluciones intermedias se toman alícuotas de un mL, se adicionan 15 mL de una solución de cloruro de lantano y 9 mL de agua. Las concentraciones de estas diluciones son 0, 0.2, 0.4, 0.8 y 1.6 mg/L de Mg, respectivamente, y son utilizadas para calibrar el equipo a condiciones de trabajo.

#### ***Potasio y Sodio***

Pesar 1.9067 g de KCl y 2.5421 g de NaCl, disolver y completar a volumen de un litro con agua. La concentración de esta solución es de 1.000 mg/L de K y Na y se utiliza para preparar soluciones intermedias de 0, 10, 25, 50, 100 y 150 mg/L de K y Na tomando alícuotas de 0, 1.0, 2.5, 5.0, 10 y 15.0 mL diluidas con agua. Para la curva patrón se diluyen los estándares 25 veces para obtener concentraciones finales de 0.4, 1.0, 2.0, 4.0 y 6.0 mg/L de K y Na. Esta dilución final puede efectuarse en agua o conjuntamente con la solución final de Ca y Mg agregando 15 mL de solución de lantano y 9 mL de agua.



### **Procedimiento de determinación**

Se recomienda una dilución final de 25 veces. En este caso se toma 1 mL del filtrado de  $\text{NH}_4\text{Oac}$ , se agregan 15 mL de solución de lantano y 9 mL de agua. Se acondiciona el equipo de acuerdo a las condiciones de Manual y se efectúan las lecturas.

### **Cálculos**

Los resultados se expresan en me/100 g de suelo y se calculan así:

$$E = Lc * Vf * \frac{L}{1000} * \frac{Ve}{Va} * \frac{100}{pm} * \frac{1}{pe}$$

En donde:

E = cantidad de me/100 g de suelo del elemento determinado

Lc = Lectura en la curva expresada en mg/L

Vf = Volumen final en mL

Ve = Volumen en mL del extractante agregado

Va = Alícuota tomada en mL

pm = Peso en gramos de la muestra

pe = Peso de un miliequivalente del elemento determinado, expresado en mg.

En este caso se tiene:

$$E = Lc * \frac{1}{1000} * \frac{25}{1} * \frac{100}{5} \quad (1)$$

$$E = Lc * 12.5 \quad (2)$$

Con base en la ecuación (2), el cálculo para cada elemento determinado es el siguiente:

$$Ca \left( \frac{me}{100 g} \right) = Lc * \frac{12.5}{20} = Lc * 0.625$$

$$Mg \left( \frac{me}{100 g} \right) = Lc * \frac{12.5}{12} = Lc * 1.04$$

$$K \left( \frac{me}{100 g} \right) = Lc * \frac{12.5}{39} = Lc * 0.32$$

$$Na \left( \frac{me}{100 g} \right) = Lc * \frac{12.5}{23} = Lc * 0.54$$

## Metodología para determinar los micronutrientes en el suelo (Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc)

### Método del doble ácido

#### Procedimiento

Pesar 5.0 g de suelo seco a 50°C y tamizado en tamiz Nº 10 (2 mm.). Transferir a un vaso de 50 mL solución extractora de ácido clorhídrico-ácido sulfúrico (HCl 0.05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.025N). Agitar por 15 minutos y filtrar a través de papel de filtro Whatman Nº 42º o equivalente.

En el extracto contenido, leer directamente los elementos menores Cu, Fe, Mn y Zn en un espectrofotómetro de absorción atómica, el factor de dilución (FD) es el siguiente:

$$\text{Factor de dilución } FD = \frac{20}{100} * \frac{1000}{5} = 4$$

Ppm Cu, Fe, Mn y Zn = ppm Fe, Mn y Zn en solución \* 4

## Metodología para determinar la capacidad de intercambio catiónico del suelo (Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc)

### Método del acetato de amonio

#### Procedimiento

Pesar 5 g de suelo en un erlenmeyer de 500 mL y agregar 24 mL de solución saturadora (Acetato de amonio NH<sub>4</sub>Oac 1M a pH 7.0). Agitar mecánicamente durante 30 minutos y filtrar al vacío por medio de un embudo buchner. Lavar el exceso de sal amónica con cinco porciones de mL de alcohol etílico.

Añadir 20mL de solución extractora y filtrar recogiendo el extracto en un erlenmeyer de 125 mL. Repetir este proceso 4 veces. Una vez finalizada la extracción, agregar 10 mL de solución formaldehído, tres gotas de fenoltaleína y titular con NaOH 0.1M hasta obtener un color rosado pálido permanente.

#### Cálculos:

$$C I C \left( \frac{meq}{100g} \right) = \frac{V * 0.1 * 100}{pm}$$

En donde:

V = mL de NaOH utilizados en la titulación

100 = Referencia a la unidad de masa con base a la cual se expresa el resultado

Pm = Peso de la muestra

0.1 =Molaridad del NaOH

## METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE SUELOS

### Parámetros a analizar:

- Recuento de bacterias aerobias mesofilas
- Recuento de Mohos y levaduras
- Recuento de Actinomicetos
- NMP de bacterias nitrificantes

### PROCEDIMIENTO:

#### Recuento de bacterias aerobias mesófilas, Mohos, levaduras y actinomicetos

Se procedió a determinar el porcentaje de humedad por método de las diluciones sucesivas en ADE. Posteriormente se realizan las diluciones de la muestra de acuerdo a lo indicado en la norma NTC 4092. Los parámetros se analizan por recuento estándar en placa siguiendo la norma NTC 4092, con variación del medio de cultivo, así:

<i><b>Parámetro</b></i>	<i><b>Medio de cultivo</b></i>	<i><b>Tiempo de incubación</b></i>	<i><b>Temperatura de incubación</b></i>
Recuento de bacterias aerobias mesófilas	Agar Cuentagermenes (Plate Count Agar)	24 a 48 h	35°C
Recuento de Mohos y levaduras	Medio de cultivo de Martin's	3 a 5 días	28 a 30°C
Recuento de actinomicetos	Starch-Casein Agar.	7 días	28 a 30°C

#### Recuento de bacterias nitrificantes

En este procedimiento se identifican dos tipos de microorganismos:

- Los nitrosos toman el nitrógeno en forma de amonio y lo transforman a nitritos
- Los nítricos toman el nitrógeno en forma de nitritos y lo transforman a nitratos

De esta forma se cubre todo el rango de transformación del nitrógeno.

El procedimiento consta en preparación de diluciones utilizando un buffer de fosfatos siguiendo lo indicado en la norma NTC 4092.

La siembra se realiza por el método del número más probable (NMP) de microorganismos en series de tres tubos, tiempo de incubación a 28°C por 20 días en oscuridad.

El medio de cultivo es un medio inorgánico preparado a partir de los siguientes compuestos:

Sulfato de amonio, nitrito de potasio, cloruro de calcio, sulfato de magnesio, fosfatos de potasio, quelato de hierro, solución de elementos trazas.

Terminado el tiempo de incubación se realiza la lectura de los tubos positivos para ambos microorganismos y se toman los datos de la tabla para NMP de suelos de McCrady, para el reporte final.

#### **ANEXO D. Metodología empleada para la cromatografía de gases en muestras de agua**

##### **Plaguicidas organofosforados**

Fueron utilizados estándares sólidos certificados obtenidos de Supelco® para los 2 plaguicidas organofosforados analizados: diazinón y monocrotofos.

### **Reactivos**

Disolventes calidad análisis de residuos: Acetonitrilo (JTBaker®), Acetona (JTBaker®), Hexano (OmniSolv®), Tolueno (Merck®), Etanol absoluto (Merck®), Cloruro de sodio (Merck®), Sulfato de sodio anhidro (Merck®). Agua destilada/desionizada. Cartuchos de extracción en fase sólida para limpieza de la muestra y extracción de los plaguicidas: ENVI-8 (Supelco®), LC-18 (Supelco®), LC-NH2 (Supelco®).

### **Equipo**

El proceso de extracción y concentración se realizó utilizando un Sistema múltiple de vacío VisiTrap (Supelco®) y Rotavapor (Buchi®), con sistema de vacío y temperatura controlada. El análisis cromatográfico se realizó en un Cromatógrafo de gases Perkin Elmer Auto System, equipado con detector NPD, columna PE-1 (polidimetilsiloxano) de 25 m de largo, 0,33 mm de diámetro interno y 0.25 µm grosor de película.

### **Procedimiento**

#### **Extracción de plaguicidas**

Cada muestra de 25 mL de agua se extrajo con 50 mL de acetonitrilo/5 g NaCl, empleando agitación magnética por un período de 10 minutos. La mezcla de extracción se centrifugó por 15 minutos a 4000 rpm. Se procedió a limpiar el extracto orgánico de acetonitrilo empleando cartuchos LC-18 y secarlo sobre sulfato de sodio anhidro.

Seguidamente, 5 mL del extracto se diluyeron con agua destilada a un volumen final de 50 mL. Los plaguicidas organofosforados se atraparon pasando el extracto acuoso a través de un cartucho ENVI-8. Los plaguicidas fueron eluidos con 3 mL de hexano-acetona (90:10) y 3 mL de acetona-tolueno (75:25), acoplando la salida del cartucho ENVI- 8 un cartucho de limpieza LC-NH2.

Posteriormente, el eluato se concentró utilizando un sistema Rotavapor a 35-40 °C hasta un volumen final de 1 mL para ser inyectado al cromatógrafo.

#### **Análisis cromatográfico**

El análisis cromatográfico de los extractos se realizó en las siguientes condiciones: temperatura del detector: 300 °C, temperatura del inyector: 250 °C, volumen de inyección: 1µL, gas de arrastre: helio, *split-less* (1 min), programación del horno: 80 °C (1 min), 15 °C/min, 160 °C (5 min), 15 °C/min, 275 °C (5 min).

### Validación del método

Para determinar la competencia técnica del método se evaluaron para cada uno de los plaguicidas organofosforados analizados los parámetros de mérito: límite de detección y porcentaje de recuperación del proceso de extracción.

### ANEXO E. Costos de producción por hectárea de los dos modelos de producción evaluados

#### COSTO DE PRODUCCION DE ARROZ ORGANICO PARA 1 HECTAREA

INSUMO/LABOR	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UND	VALOR/TOTAL
Preparación suelo	contrato	1	\$ 378.947	\$ 378.947
Semilla	bulto	2,1	\$ 109.994	\$ 231.565
<b>Fertilizantes:</b>				
Compost	Kilo	1000	\$ 120	\$ 120.000
EM	Kilo	40	\$ 3.500	\$ 140.000
Kimelgran	kilo	65,8	\$ 1.300	\$ 85.526

Inducstar N	litro	15	\$ 14.000	\$ 210.000
Codiphos	kilo	78,9	\$ 1.090	\$ 86.053
Biofert	galon	2,4	\$ 80.000	\$ 189.474
Biosolnew	kilo	17,8	\$ 2.100	\$ 37.303
Inti-satiri	kilo	1	\$ 60.000	\$ 60.000
<b>Control fitosanitario:</b>				
Energy-life	litro	2,4	\$ 25.300	\$ 59.921
Repeling	litro	1,5	\$ 28.100	\$ 41.411
Biofun	litro	2,4	\$ 29.200	\$ 69.158
<b>Mano de obra:</b>				
Mano de obra administrativa	jornal	20,3	\$ 19.000	\$ 385.000
Control de malezas	jornal	11,7	\$ 18.000	\$ 210.789
Transplante	jornal	22	\$ 18.000	\$ 395.526
<b>Cosecha:</b>				
Corte maquina	bulto	103	\$ 2.700	\$ 279.237
Saque y bulteadas	bulto	103	\$ 1.300	\$ 134.447
<b>Imprevistos</b>				
Transporte personal				\$ 47.368
medida de tarea				\$ 78.947
Limpieza lote				\$ 63.158
<b>Otros Gastos</b>				
Retefuente				\$ 22.758
Comision bolsa				\$ 16.622
Registro bolsa				\$ 3.955
Agua Mantenimiento				\$ 63.158
CVC-Aforo				\$ 23.684
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 3.434.008</b>

### COSTO DE PRODUCCION DE ARROZ CONVENCIONAL 1 HECTAREA

INSUMO/LABOR	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UND	VALOR/TOTAL
Preparación suelo	contrato	1	\$ 378.947	\$ 378.947
Semilla	kilo	286	\$ 1.000	\$ 285.714
<b>Fertilizantes:</b>				
Urea	kilo	114	\$ 2.000	\$ 228.571
Nutrisorb	Litro	1,7	\$ 31.785	\$ 54.489
DAP	kilo	120	\$ 2.340	\$ 280.800
KCL	Kilo	100	\$ 2.500	\$ 250.000
<b>Herbicidas</b>				
Roundup	litro	11,4	\$ 12.000	\$ 137.143

Atril	litro	1	\$ 14.857	\$ 14.857
Bispiagro	litro	0,6	\$ 230.000	\$ 131.429
Stomp	litro	0,6	\$ 228.900	\$ 130.800
Affinity	CC	57	\$ 654	\$ 37.371
Combo	CC	153	\$ 129	\$ 19.621
Aura	litro	0,3	\$ 241.435	\$ 68.981
<b>Insecticidas</b>				
Roxion	litro	0,6	\$ 28.040	\$ 16.023
Trebon	litro	0,9	\$ 50.467	\$ 43.257
Basudin	litro	0,6	\$ 68.500	\$ 39.143
Rambler	CC	114,3	\$ 55	\$ 6.229
Monocrotofos	litro	0,3	\$ 29.425	\$ 8.407
<b>Fungicidas</b>				
Vondoce	litro	2,3	\$ 14.334	\$ 32.762
Taspa	CC	285,7	\$ 237	\$ 67.767
Helmistin	CC	285,7	\$ 54	\$ 15.447
<b>Mano de obra:</b>				
Adecuacion de Bordas	jornal	5,7	\$ 19.000	\$ 108.571
Control malezas	jornal	11,4	\$ 19.000	\$ 217.143
Aplicación fertilizante y control fitosanitario	jornal	5,7	\$ 19.000	\$ 108.571
<b>Cosecha:</b>				
Corte maquina	bulto	114,3	\$ 4.000	\$ 457.143
<b>Sistema de riego:</b>				
Mantenimiento	contrato	0,3	\$ 240.000	\$ 68.571
Aforo CVC		1,7	\$ 15.000	\$ 25.714
<b>Otros Gastos</b>				
Comision Bolsa				\$ 19.906
Registro de Bolsa				\$ 4.736
Fedearroz				\$ 27.254
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 3.285.368</b>